التقييم الزلزالي للمباني القائمة

Seismic Evaluation of Existing Buildings



دكتور مهندس

سامح عبد العزيز البيطار

أستاذ م. المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء

دكتور مهندس

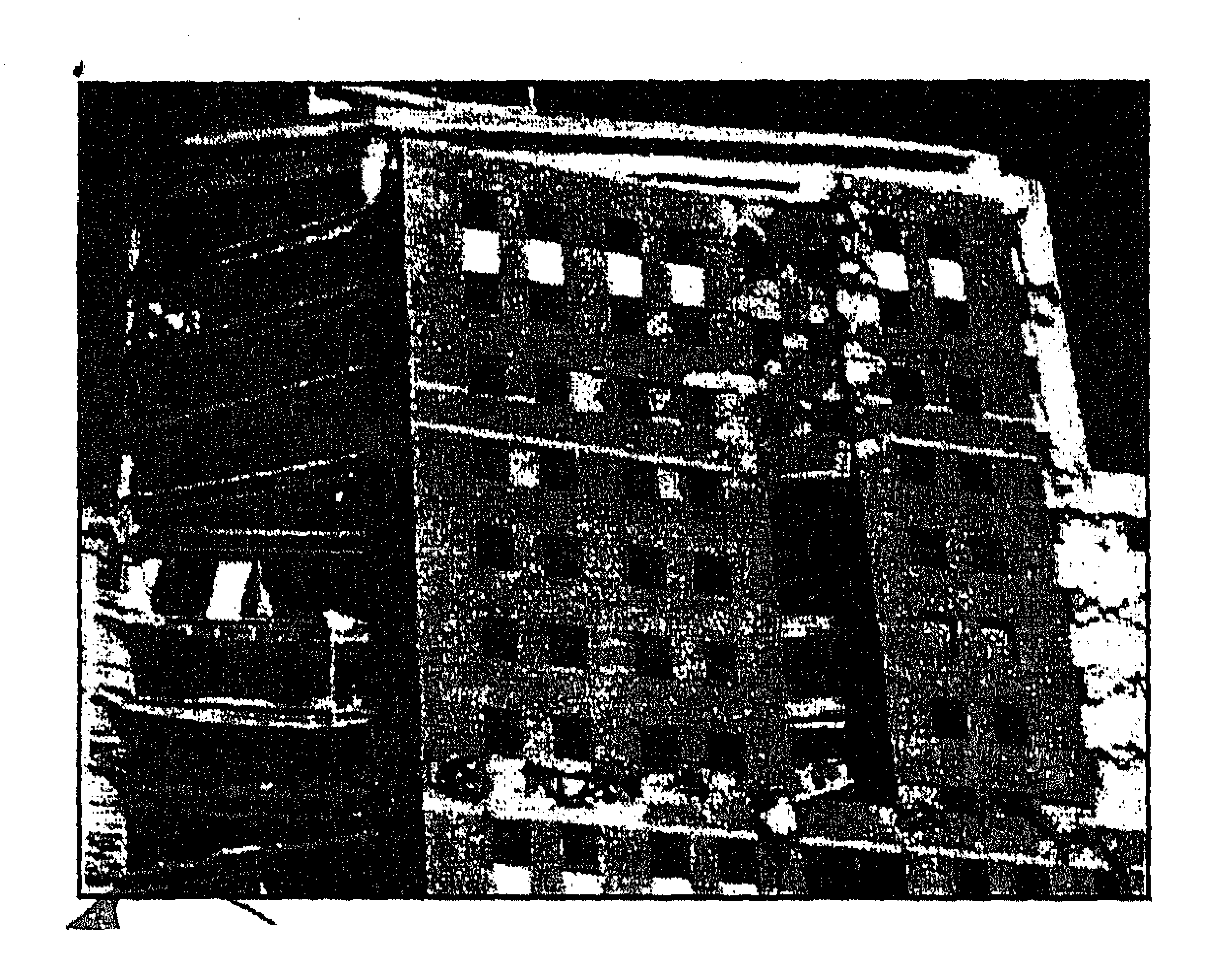
إبراهيم محمد متولي

أستاذ م. المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء

مكتبة دار المعرفة

التقييم الزلزالي للمباني القائمة

Seismic Evaluation of Existing Buildings



دكتور مهندس

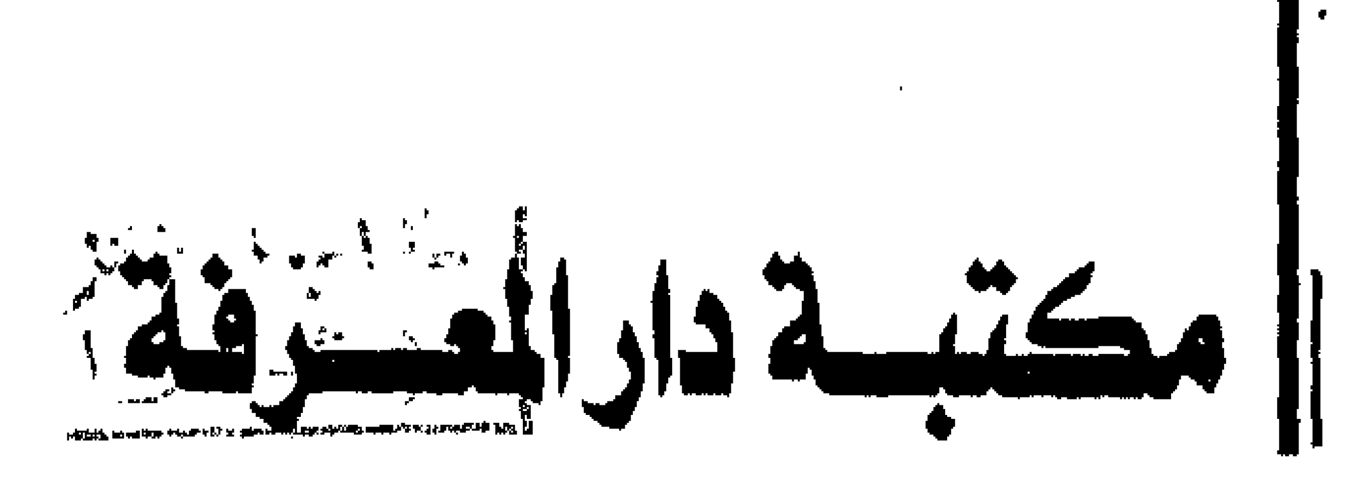
سامح عبد العزيز البيطار

أستاذ م. المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء

دكتور مهندس

إبراهيم محمد متولي

أستاذ م. المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء

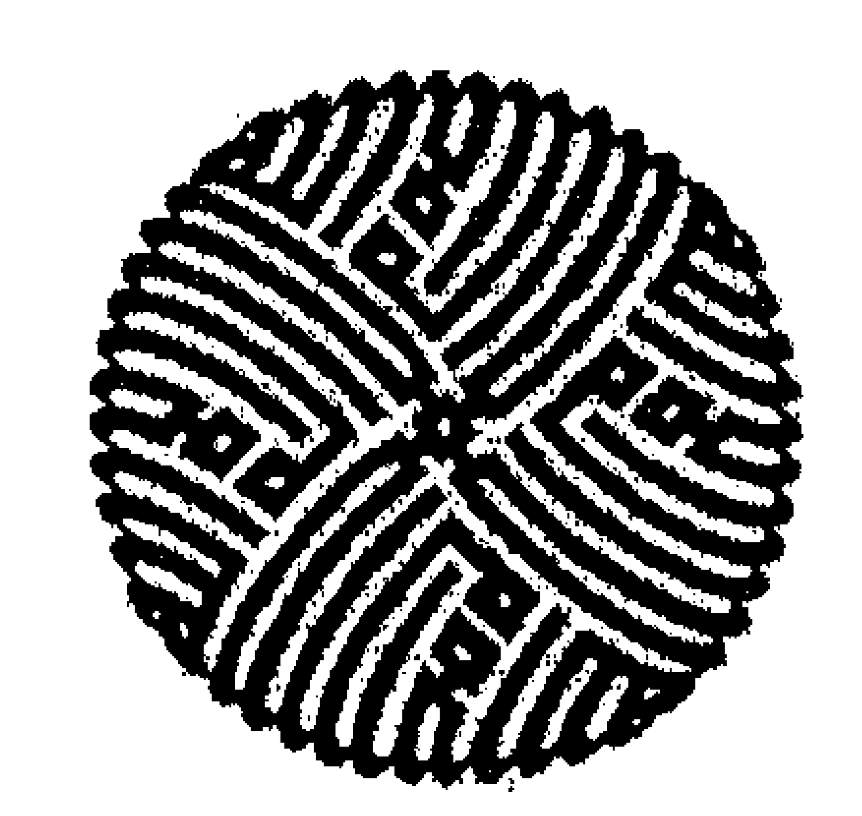


مكتبة دار المعرفة

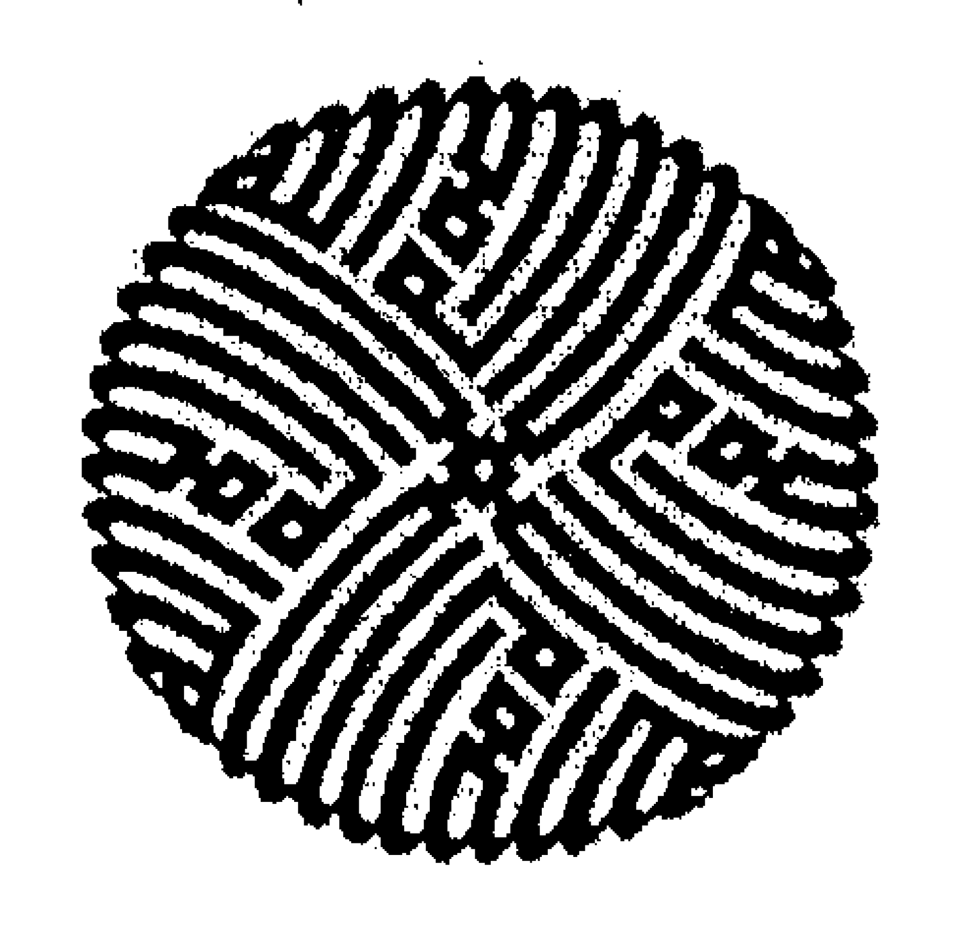
اسم الكتاب : **التقييم الزلزالي للمباني القائمة**
اسم المؤلف : د.م. سامح عبد العزيز البيطار
د.م. إبراهيم محمد متولي

الناشــــــر : **مكتبة دار المعـرفة**
رقم الايداع بدار الكتب : 2013/23620
الترقيـم الدولـــــى : 978-977-3510-20-0

مكتبة دار المعـرفة
٨ شارع يوسف الزينى – أمام هندسة عين شمس ☎ ٢٤٨٥٠٣١٠
٤ شارع السرايات – أمام هندسة عين شمس ☎ ٢٦٨٤٤٠٤٣
e-mail : dar_elmaarefa@yahoo.com



بسم الله الرحمن الرحيم



المقدمـــة

تعتبر الزلازل من الظواهر الطبيعية التى تحدث فى أماكن عديدة من العـــالم ألا أن حدوثها بالقرب من مناطق مأهولة تسبب خسائر مادية و بشرية كبيرة حيث تلاحظ أن أغلب الضحايا البشرية لا تكون بسبب تحرك الأرض مـــن الزلازل و لكن من تهدم المنشآت أو سقوط الأشياء الثقيلة من المباني

و يمكن حصر المخاطر الزلزالية في الآتى : * اهتزاز سطح الأرض – * تشقق سطح الأرض و ارتفاع او انخفاض مناطق من سطح الأرض فى حالة الزلازل القوية – * الانهيارات الأرضية – * الطوفانات البحرية الزلزاليـــة – * الحرائق.

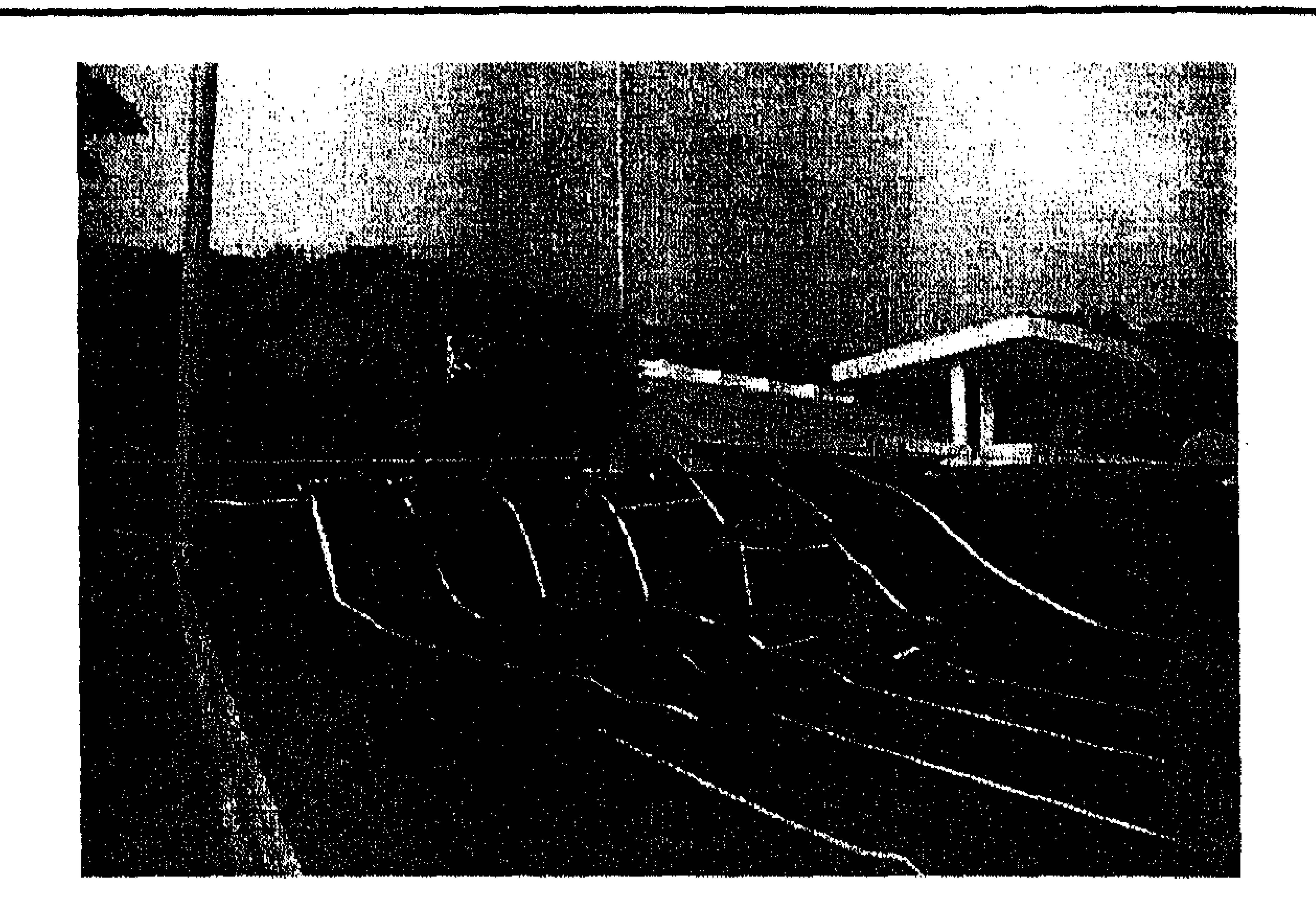
و الدول التى تعاني من ضربات الزلازل المتكررة تولى اهتماما بالحد مـــن مخاطر الزلازل و لكن فى معظم الدول النامية تزداد الخســـائر البشـــرية و المادية نتيجة الزلازل بسبب قله الوعي بالمخاطر الزلزالية، وضعف المباني، بالإضافة إلى الكثافة السكانية المرتفعة فى هذه الدول.



شكل (١) انهيار المبانى من حركة الأرض

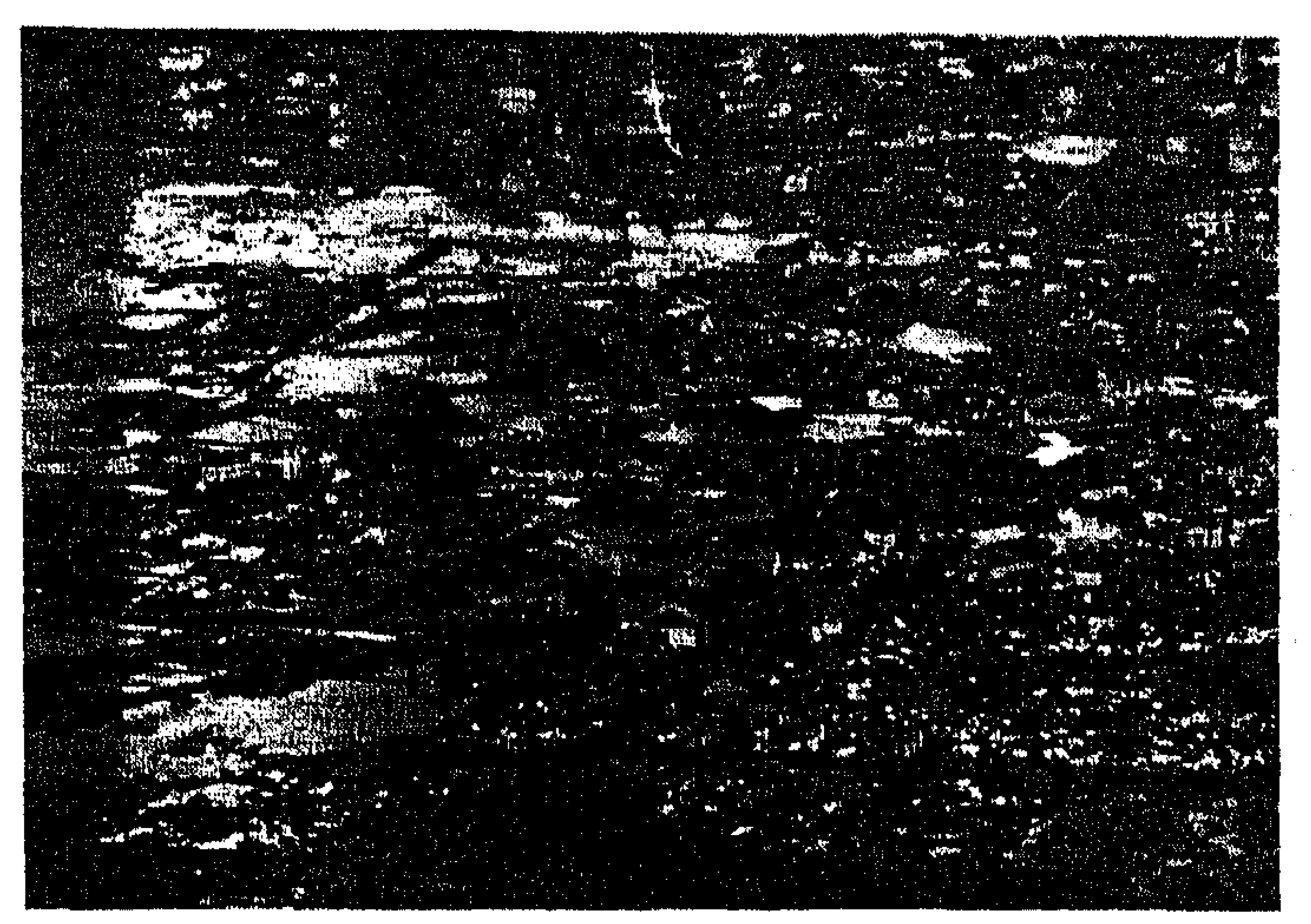


شكل (٢) انهيار المبانى نتيجة تسيل التربة





شكل (٣ ، ٤) ارتفاع و انخفاض سطح الأرض



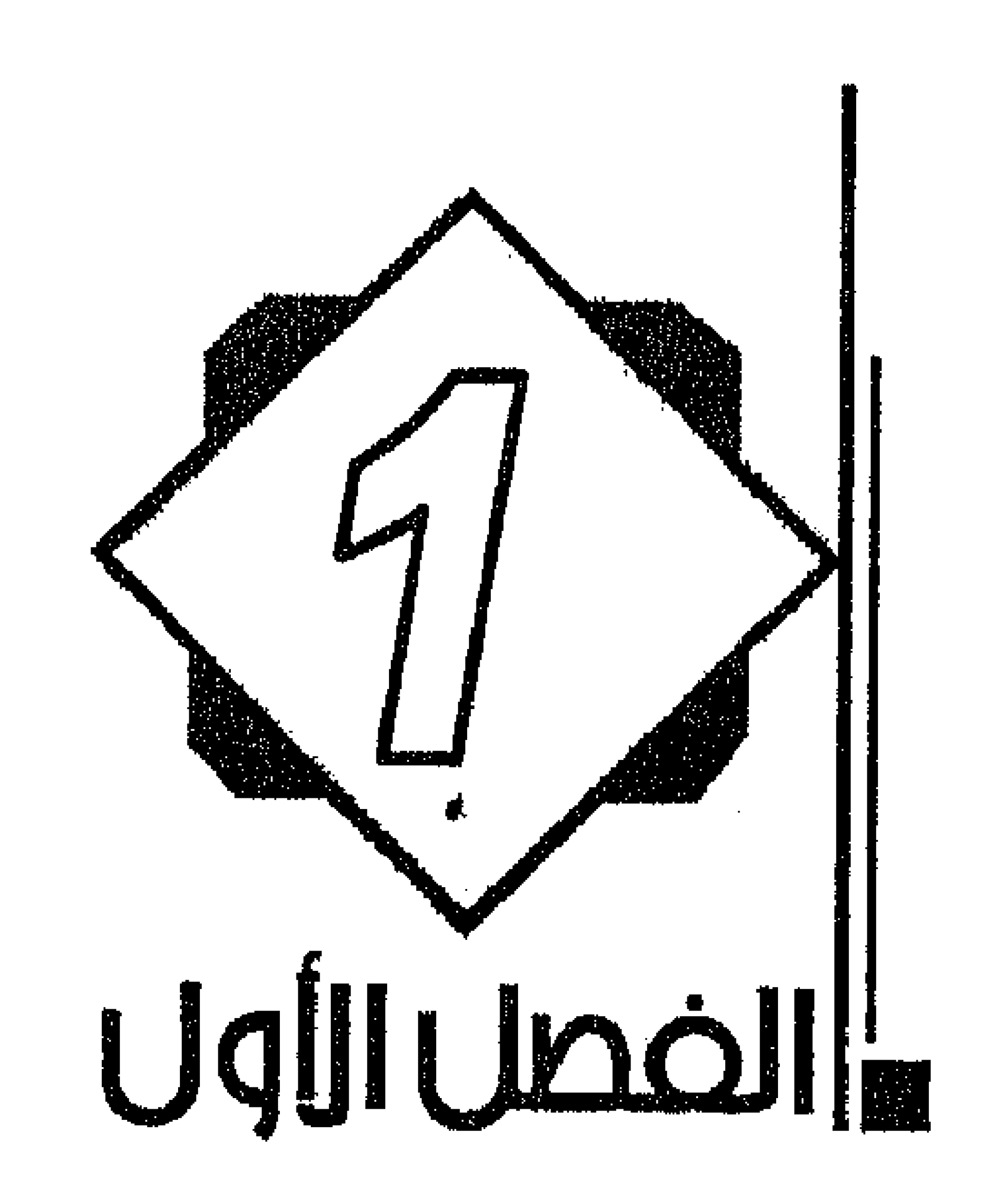
شكل (٥) الطوفانات البحرية (التسونامى)



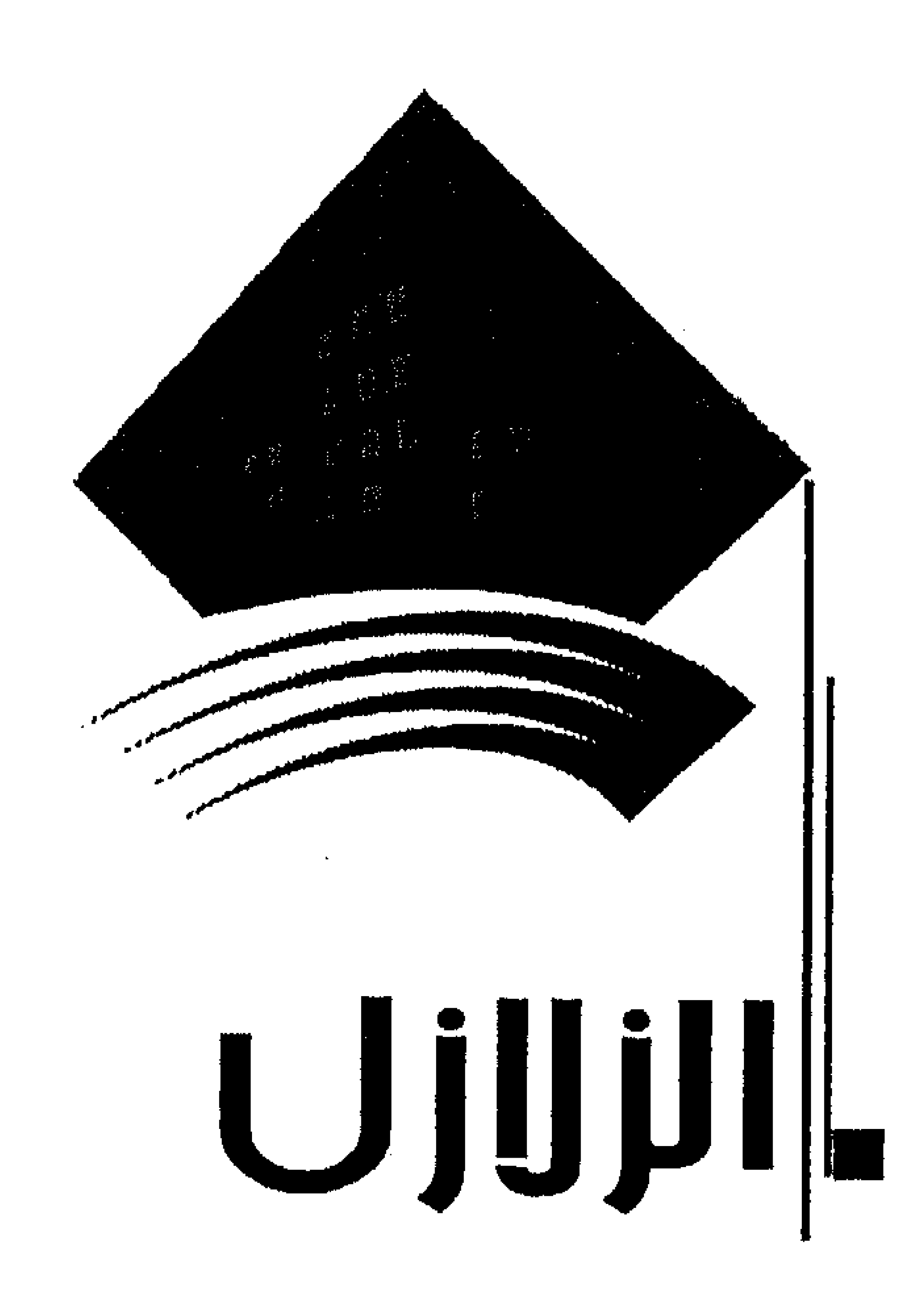
شكل (٦) الحرائق المصاحبة للزلازل

و لعدم إمكانية التنبؤ بالزلازل أصبحت الوسيلة الأساسية لتقليل الخسائر هى إقامة الأبنية المقاومة للزلازل حيث أثبتت النتائج المستخلصة من الـزلازل الحديثة أن المنشآت المصممة و المنفذة بالشكل الصحيح قادرة على مقاومـة الزلازل حتى العنيفة منها بدون أن تنهار و هذا ما يجرى فى أغلب الـدول من تطوير لكودات تصميم المبانى بوضع الإشتراطات المقاومة للزلازل. و لكن توجد شكوك حول كفاءة المبانى القائمة لمقاومة الـزلازل و التـى لـم يراعى بها هذه الاشتراطات مما يظهر الحاجة إلى تقييم الخطورة الزلزاليـة للمنشات القائمة لتجنب أى مخاطر قد تحدث.

و فى هذه الدراسة نلقى الضوء على اسباب حدوث الزلازل و كيفية تـأثير الموجات الزلزالية على المبانى الخرسانية و مبانى الحوائط الحاملة و همـا يشكلان أغلب المبانى فى مصر و كذلك نتناول أهم العوامل المـؤثرة علـى السلوك الزلزالى للمبانى كما نستعرض أفضل الطرق العالمية المستخدمة فى مجال التقييم الزلزالى للمبانى القائمة. و اخيرا تتناول الدراسـة المؤشـرات الدالة على حدوث الزلازل مع إيضاح التصرف الأمثـل للجمهـور تجـاه الزلازل.



الفصل الأول



الزلازل

تعود دراسة الزلازل إلى عدة قرون و ترجع السجلات المكتوبة عن الزلازل فى الصين إلى ما قبل ٣٠٠٠ سنة. كما تعود السجلات عن الزلازل فى اليابان وفى شرق حوض البحر المتوسط إلى حوالي ١٦٠٠ سنة بينما يعود تاريخ الزلازل فى مصر الى ٢٢٠٠ قبل الميلاد. أما السجل التاريخي للزلازل فى الولايات المتحدة الأمريكية فهو أقصر بكثير إذا يقارب نحو ٣٥٠ سنة ، و لمعرفة أسباب الزلازل يجب معرفة تركيب الأرض .

الأرض هي إحدى كواكب المجموعة الشمسية و تغطى المياه ٧٠.٨ % من سطح الأرض و يصل متوسط ارتفاع اليابسة إلى كيلو متر واحد فوق سطح البحر و يبلغ متوسط عمق المحيطات إلى حوالى أربعة كيلو مترات. و لقد تعددت النظريات التى بحثت فى نشأة الأرض ضمن مجموعة الكواكب الشمسية و ذلك من مطلع القرن الثامن عشر إلا أن التفسير السائد هو أن كوكب الأرض فى بداية تكوينه كان فى حالة شبه غازية و بدرجة حرارة مرتفعة تبلغ عدة آلاف من الدرجات المئوية. و نتيجة للقوى الطاردة المركزية الناشئة عن الدوران تم تشكيل الأرض فى هيئة كروية و بمرور الوقت الذى يقدر بمئات الملايين من السنوات أخذت درجة حرارة السطح الخارجى فى التناقص بمعدلات كبيرة حتى وصلت إلى المعدلات الحالية ، و كان هذا التناقص أقل بكثير كلما اتجهنا إلى جوف الأرض الذى لايزال يحتفظ بالحرارة المرتفعة. و نتيجة لتناقص درجة الحرارة تصلب الغلاف الخارجى للأرض فى هيئة صخرية صلبة بينما تقل هذه الصلابة كلما اتجهنا إلى باطن الأرض حيث الجوف الملتهب و تلك الطاقة الحرارية تولد قوى و ضغوطا هائلة تؤدى فى النهاية إلى تشقق سطح الأرض وزحزحته و تحركه و بالتالي تتقارب أجزاء من سطح الأرض و تتباعد أجزاء أخرى.

و تتكون الأرض من :

١- القشرة

و هى الطبقة السطحية الصلبة الرقيقة نسبيا و يبلغ متوسط سمكها فـــى المنـــاطق القارية ٣٣ كيلو متر بينما يصل السمك إلى ٧٠ كيلو متر فى مناطق الجبال و يقل متوسط القشرة إلى نحو عشرة كيلو مترات تحت المحيطات. و مـــن الملاحـــظ أن صخور طبقة القشرة تتغلغل فى النطاق السفلى (الوشاح) و ذلك تحت الجبال فـــى المناطق القارية مكونة جذورا عميقة تساعد على تثبيت الكتل الجبلية المرتفعة

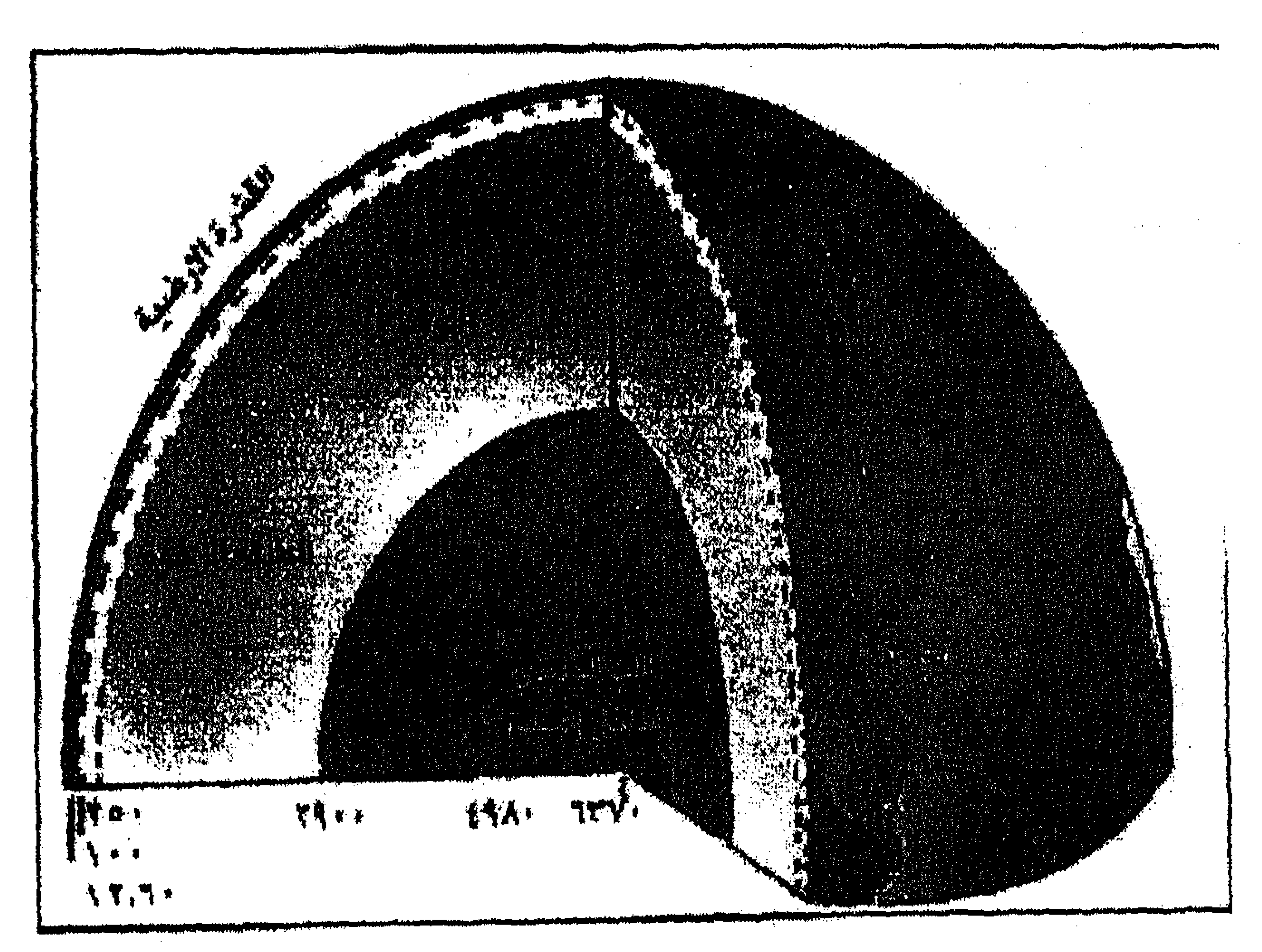
٢- الوشاح

و هى المنطقة من باطن الأرض التى تقع بين القشرة و النواة و يشكل ٦٠ % من كتلة الأرض و ٨٤ % من حجمها و يقع الحد السفلى له عند عمــق ٢٩٠٠ كيلـــو متر. و على الرغم من أن الصخور المكونة للوشاح ذات طبيعة صلبة إلا أنها أقل صلابة من صخور القشرة بحيث تكون لها القدرة على التدفق و الإنسـياب تحــت الحرارة و الضغط المرتفعين ، و توصف هذه الصخور بأنها لدنة. و تشكل القشرة الأرضية مع الجزء العلوى من الوشاح (الأكثر صــلابة) مــا يســمى بــالغلاف الصخرى للأرض (الليثوسفير) و يصل سمك هذا الغلاف إلى حواى ١٥٠ كيلـــو متر تحت القارات بينما يقل سمكة إلى ٥٠ كيلو متر تحت المحيطات و يتميز هــذا الغلاف بصلابة صخورة المرتفعة نسبيا عن الغلاف الذى يقع اسفله و يسمى غلاف الانسياب.

٣ - اللب أو النواه

يبدأ السطح العلوى للنواه عند عمق ٢٩٠٠ كيلو متر و ينقسم إلى اللب الخارجى و مكوناته سائلة و كتله داخليه صلبه تسمى اللب الداخلى و عند الوصول الى مركز الأرض فإن الضغط يزداد الى ملايين المرات عما هو عليه فى ســطح الأرض. و

ترجع صلابة اللب الداخلى إلى أن ازدياد الضغط يفوق زيادة الحرارة لذلك تتصلب مكوناته. أما فى اللب الخارجى فإن الزيادة فى الضغط و الحرارة يكونان متلازمين مما يبقى الحديد فى حالته السائلة. (٢٥)



شكل (١-١) التركيب الداخلى للأرض

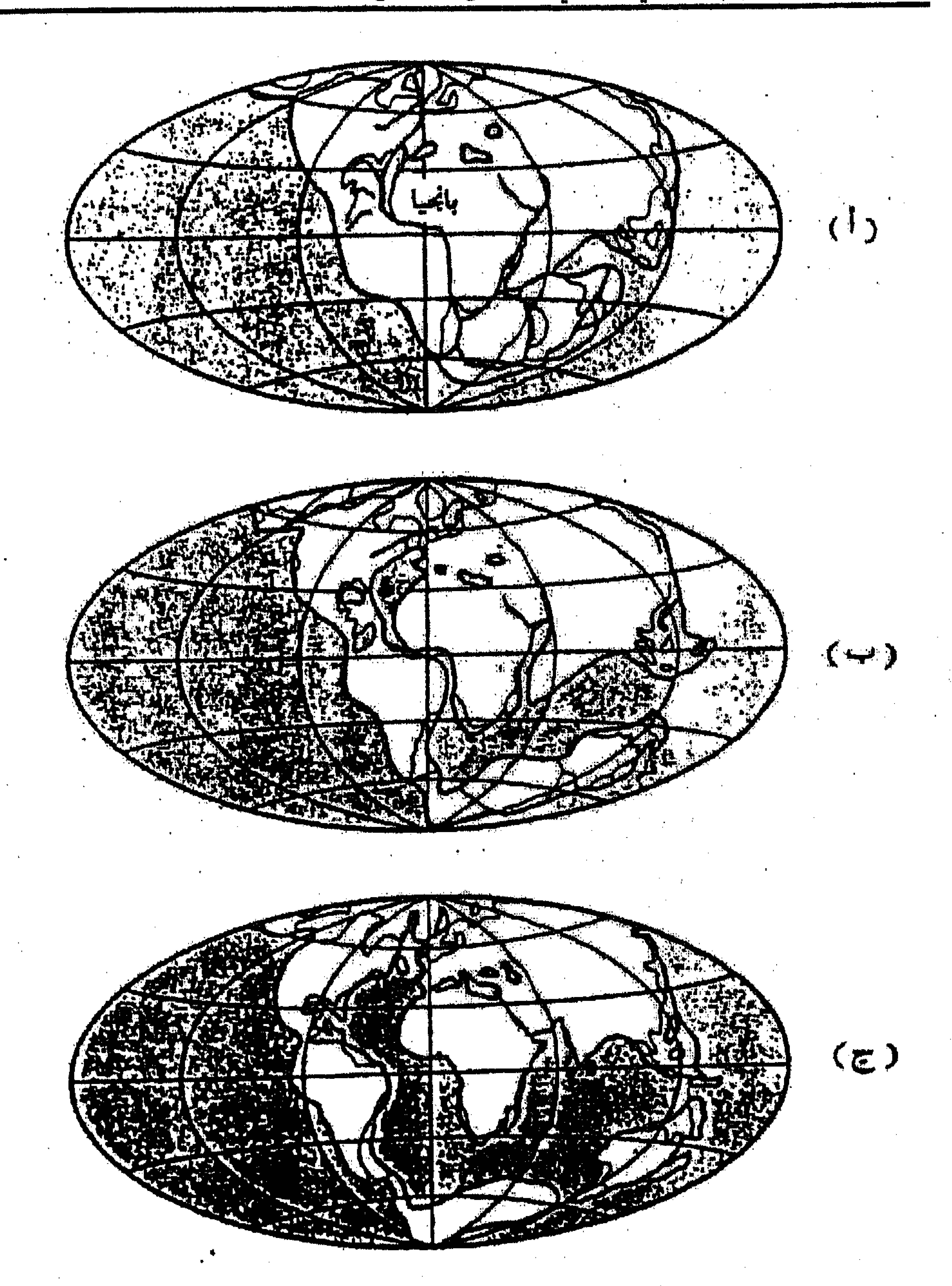
١-١ اسباب الزلازل

تحدث المئات من الزلازل كل يوم و لكن لأن معظمها صغير فاننا لا نعرف شـيئا عن هذه الزلازل دون مساعدة أجهزة قياس الزلازل الحساسة. ففي الزلازل اليومية ينزلق مستوي الصدع نحو ٦-٣ أقدام فقط؛ ولا يمكن للبشـر أن يشـعروا بهـذه الاهتزازات. أمّا في الزلازل التي يكون قدْرها ٥.٠ درجات فإنّ مستوي الصـدع يتحرك نحو ميل أو اثنين؛ ويشعر الناس بسهولة بهذه الحركة. أمّا في الزلازل التي

قدرها ٨.٠ درجات فإنّ الحركة تنتقل مئات الأميال عبر مستوي الصدع، ويمكـــن أن تمتد إلى سطح الأرض وقد تشطر بناء ما إلى نصفين.

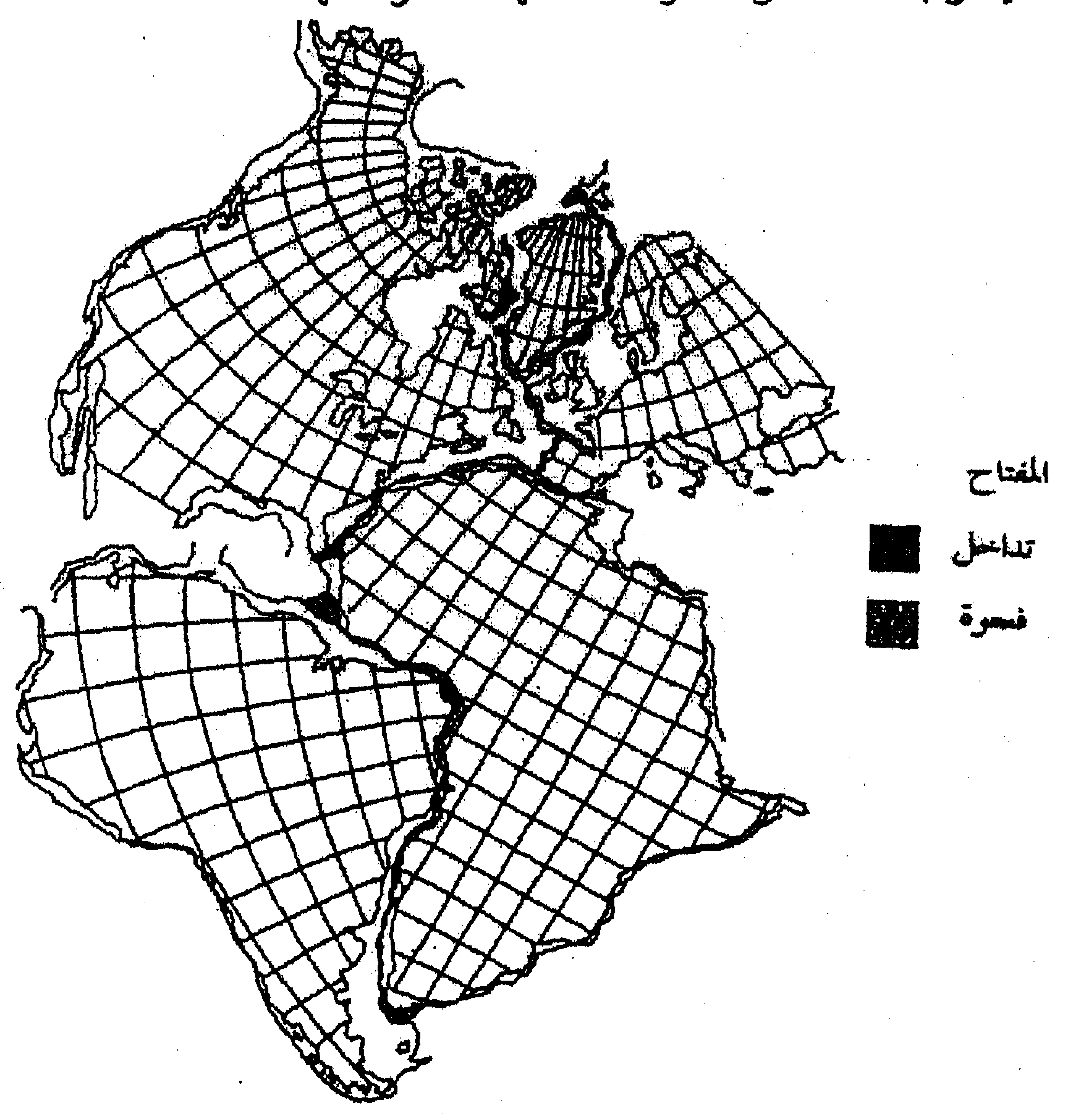
نظرية الانجراف القارى

ترجع فكرة انفصال القارات إلى بداية القرن السابع عشر ، لكن تعتبـــر نظريـــة العالم النمساوى ألفريد فاجنر التى قدمها عام ١٩١٢ أول محاولة شبه مُتكاملة عن نظرية انفصال أو تزحزح القارات . حيث تنص على أن القارات كلها كانت كتلـــة واحدة و محاطة بمحيط واحد عظيم و منذ حوالى ٢١٠ مليون سنة بدأت الكتلة فى الإنقسام إلى كتل قارية منفصلة و استمرت هذه القارات فى التزحزح علـــى مـــر العصور الجيولوجية حتى اتخذت الأوضاع التى هى عليها الان ، و ما زالت هـــذه القارات فى حالة حركة دائمة. و قد رأى فاجنر أن الكتل القارية (الأقل كثافة) فى حالة اتزان إستاتيكى مع الطبقة الموجودة أسفلها (الأعلى كثافة) كما تطفو الكتـــل الجليدية الضخمة فوق سطح الماء. (٢٤)



شكل (١-٢) : نظرية الانجراف القارى (أ) قبل ٢٧٠ مليون سنة (ب) قبل ١٥٠ مليون سنة (ج) قبل مليون سنة

و مما يدل على ذلك التطابق الهندسى للشكل الخارجى للقارات المتجاورة و تشابه القطاعات و التراكيب الجيولوجية فيها. و وجد أن هنـــاك أنواعـــا متماثلـــة مـــن الحفريات فى قارات تفصلها الان محيطات و لا يمكـــن لهـــذه الكائنـــات عبـــور المحيطات. و على الرغم من صحة نظرية الانجراف القارى إلا أنها لم تلق قبولا فى الأوساط العلمية وقتها وربما يرجع ذلك إلى أن فاجنر لم يستطع أن يقدم ســـببا مقنعا يفسر به هذه التحركات و الطاقة الهائلة اللازمة لها.

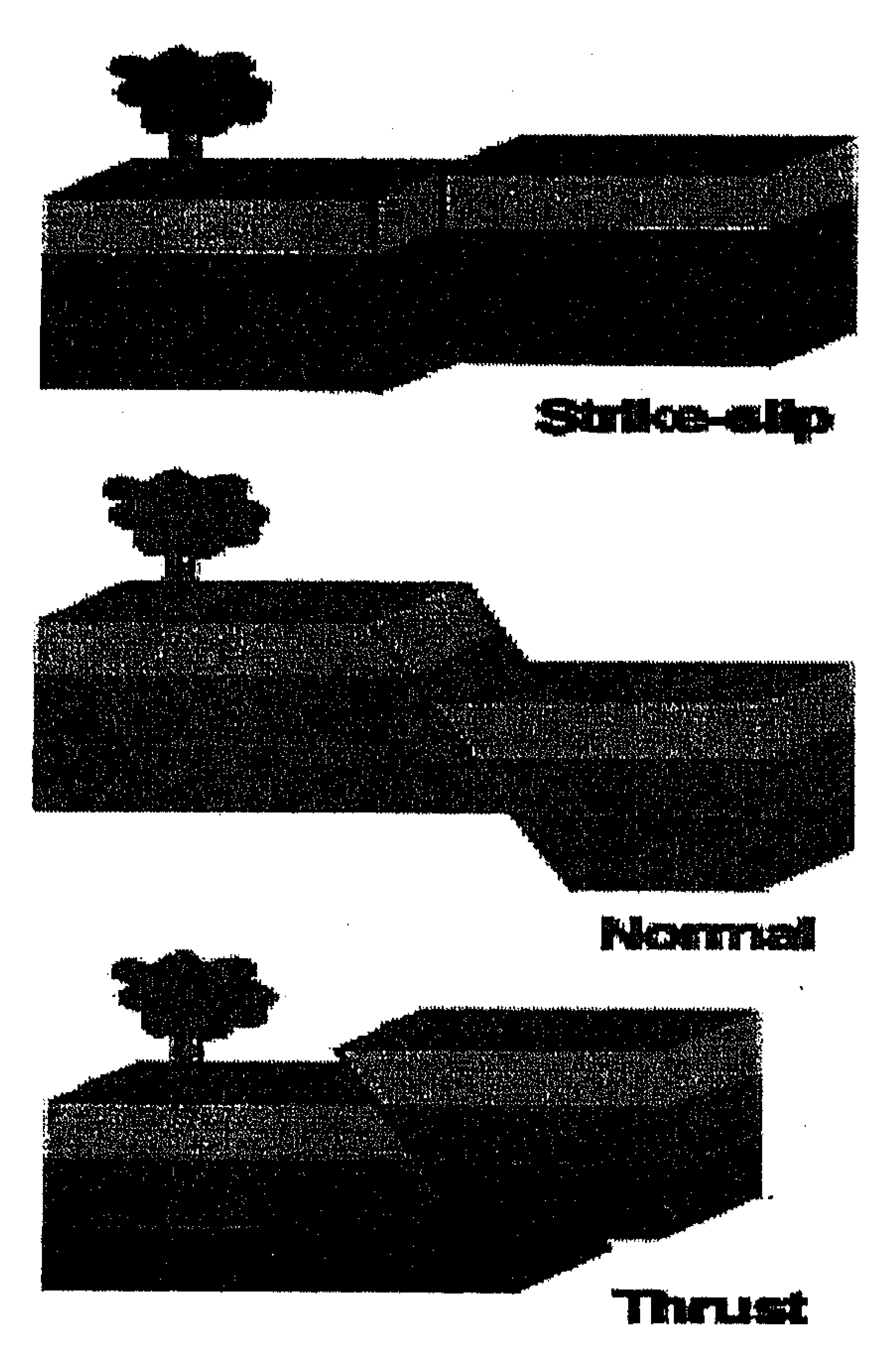


شكل (١-٣) شكل يوضح تطابق القارات

منذ بداية القرن العشرين و حتى نهاية الستينات أدت الدراسات إلى التوصل إلى عدة اكتشافات علمية أثبتت صحة نظرية الانجراف القارى كما مهدت لظهور نظرية تكتونية الصفائح . و طبقا لهذه النظرية فإن سطح الأرض يتكون من عدة ألواح أو صفائح صلبة يصل سمكها إلى مائة كيلو متر فى القارات و يقل سمكها إلى ٥٠ كيلو متر فى المحيطات و تشكل هذه الصفائح مع بعضها البعض ما يسمى بالغلاف الصخرى (الليثوسفير) للكرة الأرضية وهذه القشرة مكسرة إلى ما بين ١٢ إلى ١٥ لوح صلب. ويتراوح سمك اللوح من ١٠٠ إلى ١٥٠ كم وتعوم هذه الألواح فوق نطاق لدن بسبب حدوث انصهار جزئي لبعض معادنه بفعل درجات الحرارة العالية في جوف الأرض (يمتد عمقها إلى حوالى ٧٠٠ كيلو متر فى باطن الأرض، تسمى هذه الطبقة بالغلاف الوهن (غلاف الانسياب)) و يتحرك كل لوح مستقلا عن الأخر بسبب الحرارة المرتفعة والضغط العظيم الموجود فى جوف الأرض و تحدث الزلازل على الحدود الفاصلة بين الصفائح المتحركة للغلاف الصلب بتكرارية كبيرة نتيجة للتحركات المختلفة لهذه الصفائح بالنسبة لبعضها البعض.

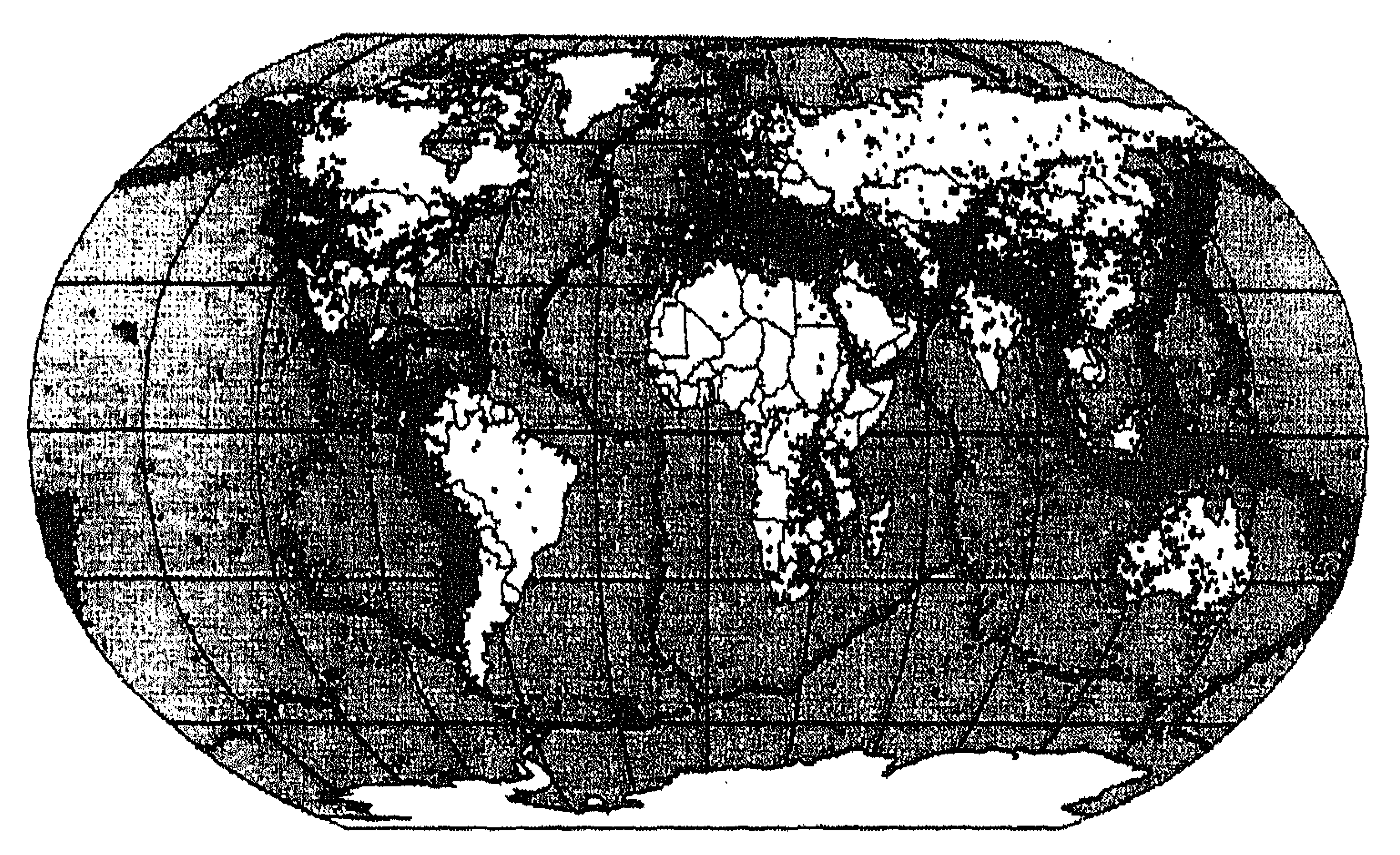
وتحدث الزلازل الكبيرة من حركة فجائية للوح من ألواح طبقة اليثوسفير منزلقا على لوح أخر و تحدث هذه التحركات النسبية فى صور مختلفة فهناك تحركات تقاربية حيث تتقارب هذه الصفائح نحو بعضها البعض و ينتج عن هذا التقارب أما حدوث تصادم (فى حالة صفيحتين قاريتين) أو حدوث الإندساس (فى حالة صفيحتين احدهما قارية و أخرى محيطيه) و هناك ايضا التحركات التباعدية بين الصفائح التى تسبب الزلازل. و هناك نوع ثالث من التحركات التكتونية بين الصفائح المتحركة و تحدث فيه تحركات جانبية بين الصفائح و تنتج الزلازل لهذه التحركات الجانبية. و لحدوث الزلازل بكثرة على حدود هذه الألواح فتسمى

أحزمة الزلازل، شكل (١- ٤، ٥)



شكل (١-٤) حركات حواف الألواح

Preliminary Determination of Epicenters
358,214 Events, 1963 - 1998



شكل (١–٥) توزيع مراكز الزلازل على خريطة العالم فى هيئة أحزمة

والغالبية العظمي من الزلازل تقع على حواف الألـــواح التكتونيـــة، إلا أن هناك نسبة ضئيلة من الزلازل (نحو ١/٦ من عدد الزلازل) تقع في داخل الألواح التكتونية وبعيدا عن حواف تلك الألواح. من الممكن أن تحدث بسبب كسر موضعى فى مناطق الضعف كالفوالق والصدوع داخل هذه الألواح (ومثال ذلك زلزال ١٢ أكتوبر سنة ١٩٩٢ الذى ضرب القاهرة وبعض محافظات مصر) حيـــث تنتقـــل الإجهادات أو الضغوط عبر الطبقات الصخرية إلى المناطق الداخلية لهذه الصفائح محدثة الصدوع و انطلاق الطاقات المختزنة فى هيئة موجات زلزالية و لكن زلازل هذه المنطقة اضعف و اقل فى تكراريتها.

ولا تعرف حتى الآن آلية العمليات الجيولوجية التي تحدث في داخل الألواح التكتونية وتتولد عنها كميات كبيرة من الإجهاد الذي يتراكم في الصخور وفي النهاية يؤدىَ إلى انهيارها و وقوع الزلازل. وحاول بعض العلماء تفسير وقوع زلازل داخل الألواح التكتونية على أساس الارتداد المرن لصخور القشرة الأرضية الناتج عن زيادة الأحمال على صخور القشرة الأرضية في مواقع السدود الكبيرة والبحيرات الصناعية العملاقة، أو بفعل التحركات الرآسية لصخور القشرة الأرضية. واختلف العلماء في تفسير مصدر الإجهاد الواقع على الصخور في داخل الألواح، فبينما يراه البعض بسبب عدم استدارة الكرة الأرضية وحركة ألواح الليثوسفير على سطحها، يري آخرون أن الاجهاد الشدى الذي تتعرض له صخور داخل ألواح المحيط سببه تبريد هذه الألواح بزحفها بعيدا عن أعراف وسط قاع المحيط، فكلما ابتعد لوح قاع المحيط عن عرف وسط المحيط انخفضت درجة حرارته وزاد سمكه. ومن ثم يتعرض لإجهاد حراري بسبب عدم تجانس درجة الحرارة في مختلف أجزائه. ويعزى بعض العلماء الإجهاد في داخل الألواح إلى وجود بقع حارة.

تتراوح أطوال الفوالق بين عده أمتار ومئات الكيلومترات وتمتد من سطح الأرض إلى أعماق تصل إلى عشرات الكيلومترات. وريما يكون وجود الفوالق واضحاً ، كما تظهر فى الطبوغرافيا السطحية، أو ربما يصعب جداً اكتشافها. ووجود الفوالق لا يعني بالضرورة أن تكون هناك الزلازل متوقعة أو ربما يكون الفالق غير نشيط. . و تتناسب قوة الزلزال مع طول الصدع الذى حدثت على جانبيه الإزاحة ، و تسمى النقطة التى يبدأ عندها التمزق فى باطن الأرض بالبؤرة (Hypocenter, Focus) و تسمى النقطة التى تقع على سطح الأرض فوق البؤرة بمركز الزلزال (Epicenter)



شكل (١-٦) فالق زلزالى

ويوجد مع ذلك مصادر أخرى للنشاط الزلزالي والتى تنتج زلازل أصغر. مثل الزلازل المصاحبة للبراكين و التى ربما تنتج من التنقل أو الحركة المفاجئة للحمم. ويمكن أن تحدث الموجات الزلزالية بواسطة التفجيرات التى تتم تحت سطح الأرض باستخدام المتفجرات الكيميائية أو الأجهزة النووية. كما يمكن أن يسبب انهيار منجم أو سطح كهف كبير ، أو تفجيرات المناجم زلازل محلية صغيرة وكذلك الانزلاقات الأرضية الكبيرة. وما تزال الزلازل الناتجة عن الخزانات أو المستودعات موضوع دراسات مهمة.

و يمكن تصنيف الزلازل من حيث أعماق بؤرها حيث تكون الزلازل الضحلة بين سطح الأرض و ٧٠ كيلو متر و الزلازل متوسطة العمق بين ٧٠ الى ٣٠٠ كيلو متر و الزلازل العميقة بين ٣٠٠ الى ٧٠٠ كيلو متر و تتركز هذه النوعية على

حدود صفيحة المحيط الهادى التكتونية التى تولد ٩٠ % من الزلازل و لا تحـدث الزلازل على أعماق أكبر من ٧٠٠ كيلو متر لان الصخور أسفلها ذات صلابة قليلة تستجيب للاجهادات بالانثناء.(٢٥)

و يمكن تصنيف الزلازل طبقا لقوتها

			متوسط الحدوث (سنويا)
١	زلازل هائلة	٨ – ٨.٩	١
٢	مدمرة	٧ – ٧.٩	١٨
٣	قوية	٦-٦.٩	١٢٠
٤	متوسطة	٥- ٥.٩	٨٠٠
٥	خفيفة	٤-٤.٩	٦٢٠٠
٦	صغيرة	٣-٣.٩	٤٩٠٠
٧	دقيقة	< ٣	٩٠٠٠

١-٢ الموجات الزلزالية

تنطلق الطاقة الناتجة عن الكسر داخل الغلاف الصخري على صورة موجـات سـيزميه يشعر الناس بها على سطح الأرض، والموجات السيزمية تكون على شكل أنـواع مـن الموجات، شكل (١-٧)

و تتعدد أنواع الموجات من حيث طبيعة تذبذبها بجزيئات الأوساط التى تمـر خلالهـا و طبيعة انتشارها و تنقسم الى نوعين:

١- الموجات الباطنية

هى التى تتولد عند بؤرة الزلزال و تنتشر فى باطن الأرض بسرعات تختلف باختلاف الوسط الذى تمر فيه و تنقسم الى

أ الموجات الطولية أو الأولية

و تنتشر فى الصخور فى هيئة تضاغطات و تخلخلات متتابعة و تهز فى نفس اتجاه انتشار الموجه و هى أسرع الموجات و لها القدرة على الإنتشار فى الصخور الصلبة و السوائل و تحمل من الطاقة قدرا أقل من غيرها

ب الموجات المستعرضة أو موجات القص

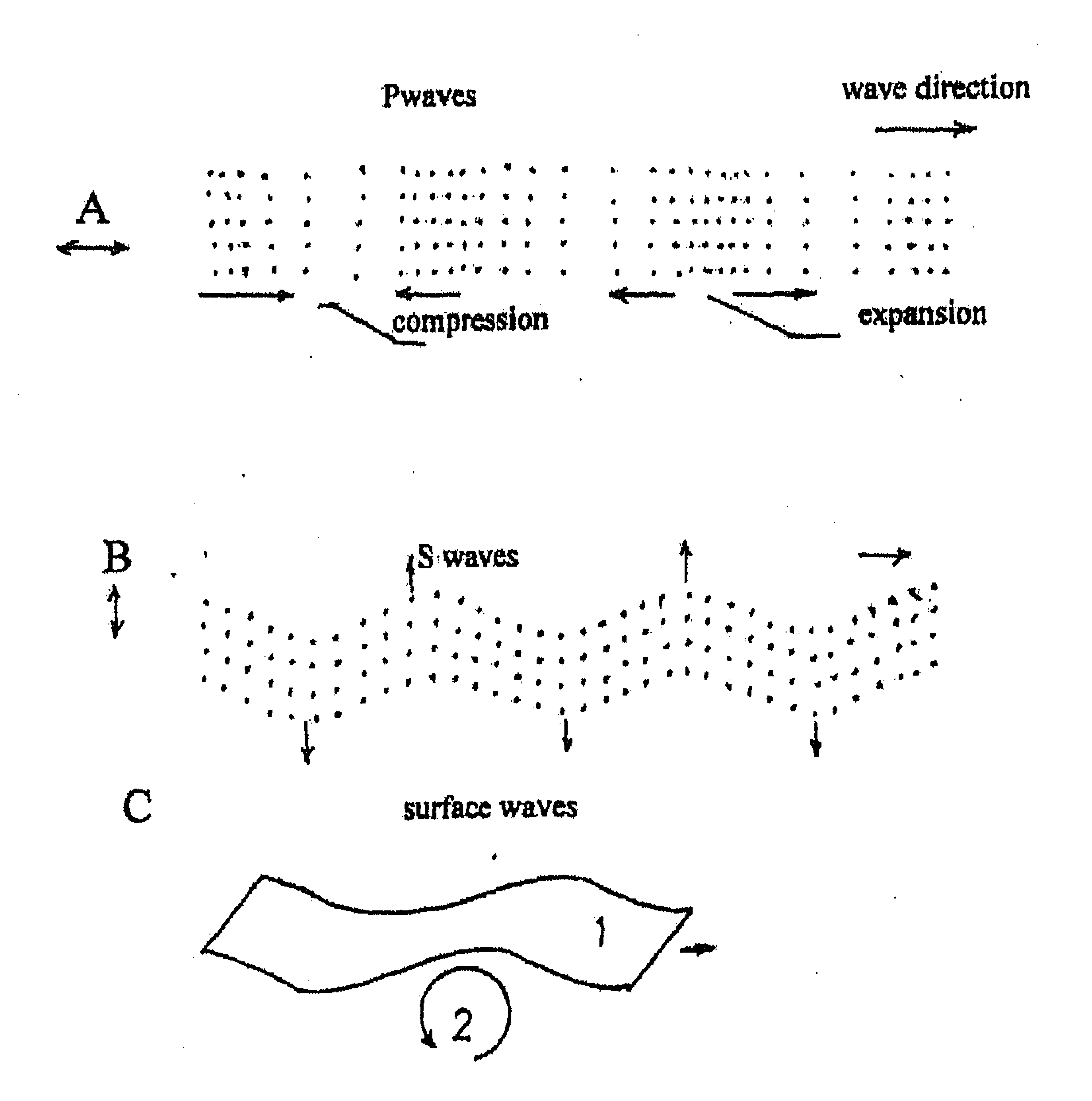
و تنتشر عن طريق أحداث التشوه الشكلى فى الوسط الذى تمر فيه و بانتشارها تتذبذب جزيئات الوسط فى اتجاه عمودى على اتجاه انتشار الموجه . و سعتها أقل من سرعة الموجات الطويلة. و تحمل من الطاقة قدرا أكبر من الموجات الطولية المولدة من الزلزال نفسه و حيث أن انتشارها يعتمد على التشوه الشكلى فى الأوساط التى تمر بها فإنها تنتشر فى المواد الصلبة فقط و لا تنتشر فى السوائل. و سعتها أكبر من سعة الموجات الطولية .

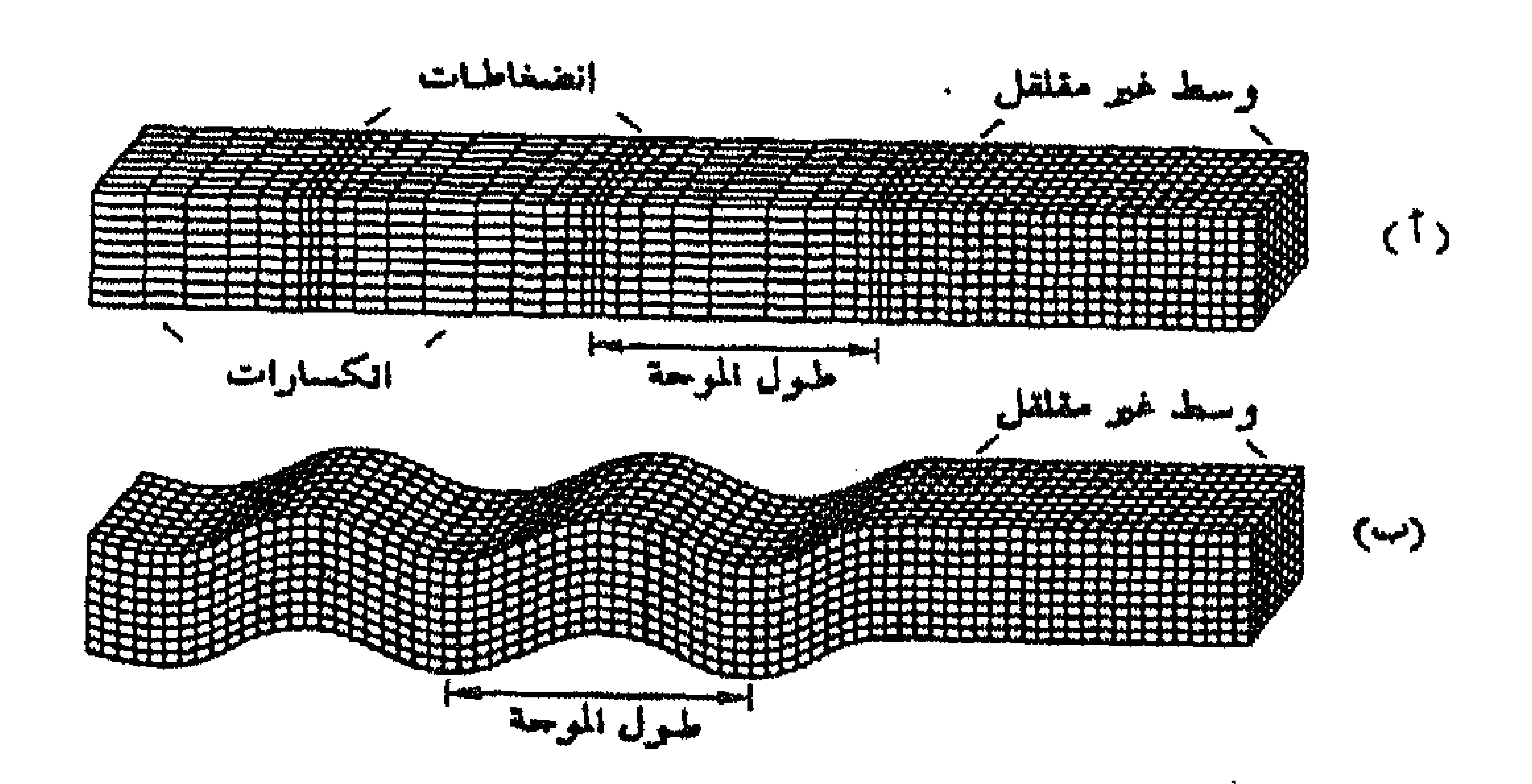
٢ الموجات السطحية

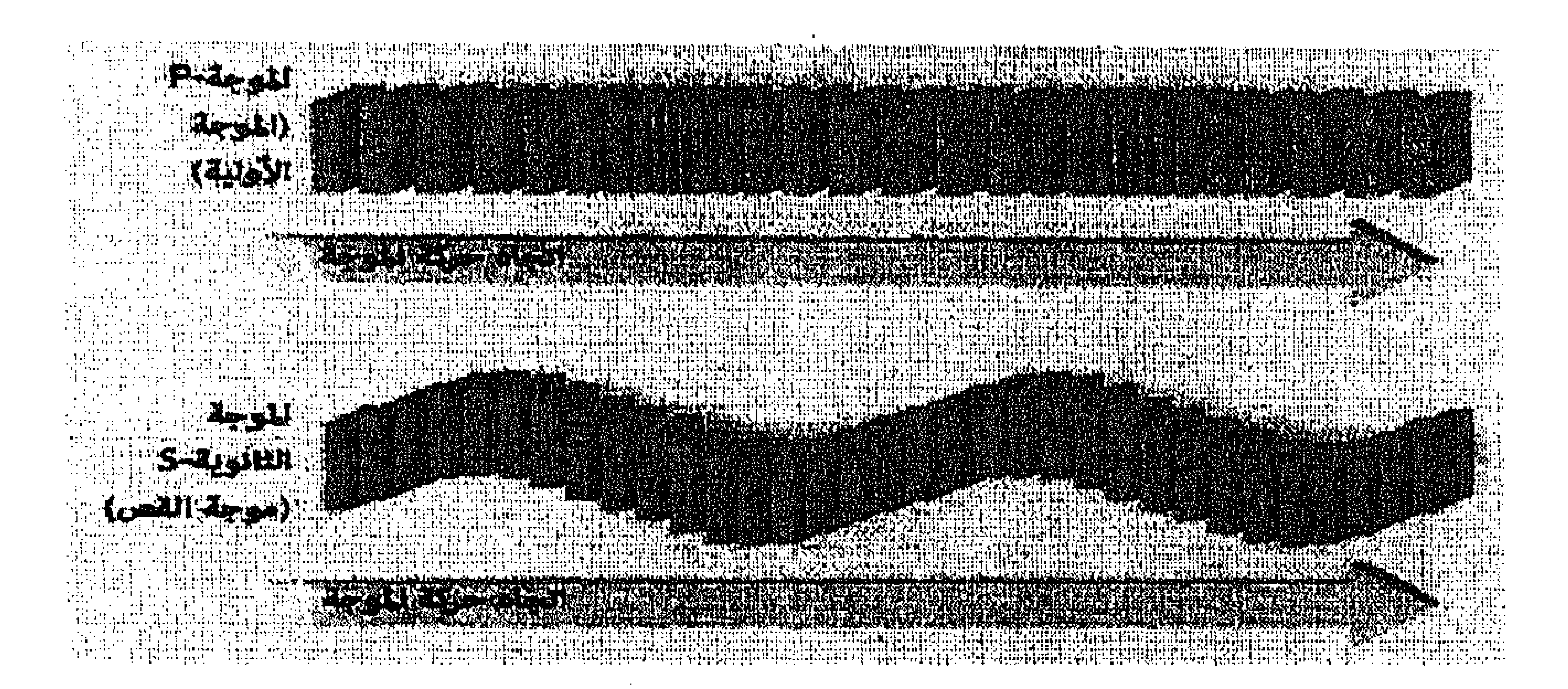
و هى تتولد نتيجة الأصطدام و الإنعكاس المتعدد للموجات الباطنية بنوعيها بسطح الأرض و تحمل من الطاقة التذبذبية قدرا أكبر من الموجات الباطنية كما أن ترددها أقل من تردد الموجات الباطنية و من ثم فإنها تسبب أكبر قدر من الدمار الذى تسببه الزلازل، و تنقسم إلى:

أ موجات لاف : حيث تتذبذب جزيئات سطح الأرض أفقيا و بشكل عمودى على اتجاه انتشارها و هى لا تنتشر فى الأوساط المائية

ب موجات رايلى : و ينتشر هذا النوع بشكل اهليجى متراجع و ذلك فى مســتوى رأسى موازٍ لاتجاه انتشار الموجة و تقل سرعتها قلــيلا عــن لاف.









السجل الزلزالى الورقى (السيزموجرام)

شكل (أ-٧) الموجات الزلزالية

١-٣ قياس الزلازل

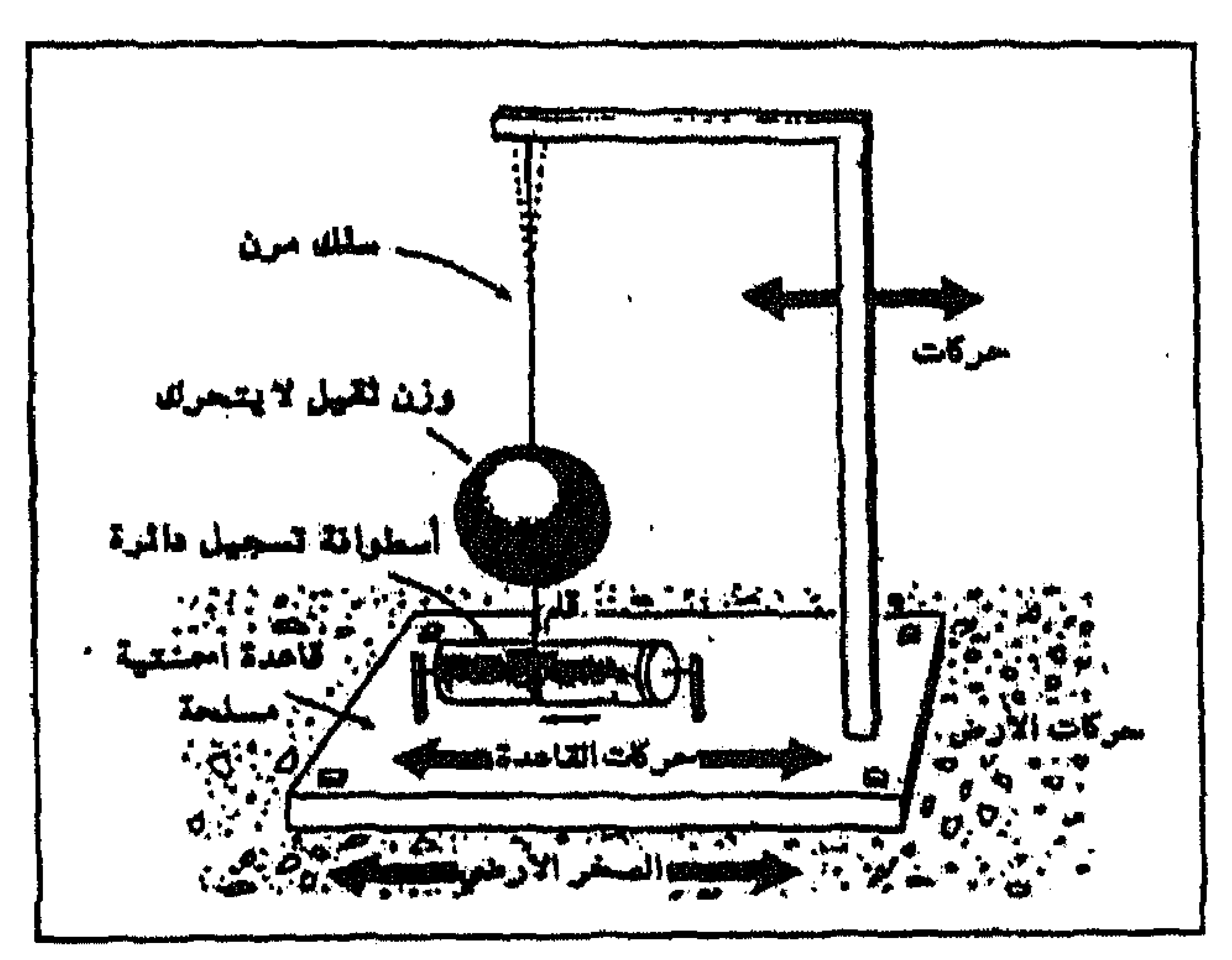
يسمي جهاز رصد الزلازل بالسيزموميتر (السيزموجراف) و يمكن من اجهزة الرصد تسجيل الهزات الأرضية بطريقة أوتوماتيكية على أشرطه خاصة على شكل خطوط متعرجة مع شدة الزلزال. وقد بني اختراع السيزموميتر على حقيقة عملية هي: " إنه إذا دلينا كتله ثقيلة في نهاية حبل أو عمود طويل كما يتدلى بندول الساعة. فأن هذه الكتلة، بحكم قصورها الذاتي، تبقي ساكنه حتى ولو اهتزت الأرض والقوائم المدلاة منها الكتلة".

فإذا تصورنا أن هذه الكتلة تحمل قلما، وأن هناك ورقة مثبتة على سطح الأرض ملامسة لهذه القلم، فأن الأرض إذا اهتزت تحركت معها الورقة مع بقاء القلم ثابتا، فيرسم على الورقة خطا متعرجا، يبين مدى تحرك الأرض باهتزاز الأرض. ولكي يمكن تسجيل وقت وقوع الزلزال فان هذه الورقة تثبت عادة على سطح أسطوانة تدور آليا، والورقة مقسمة أياما وساعات ودقائق وثواني.

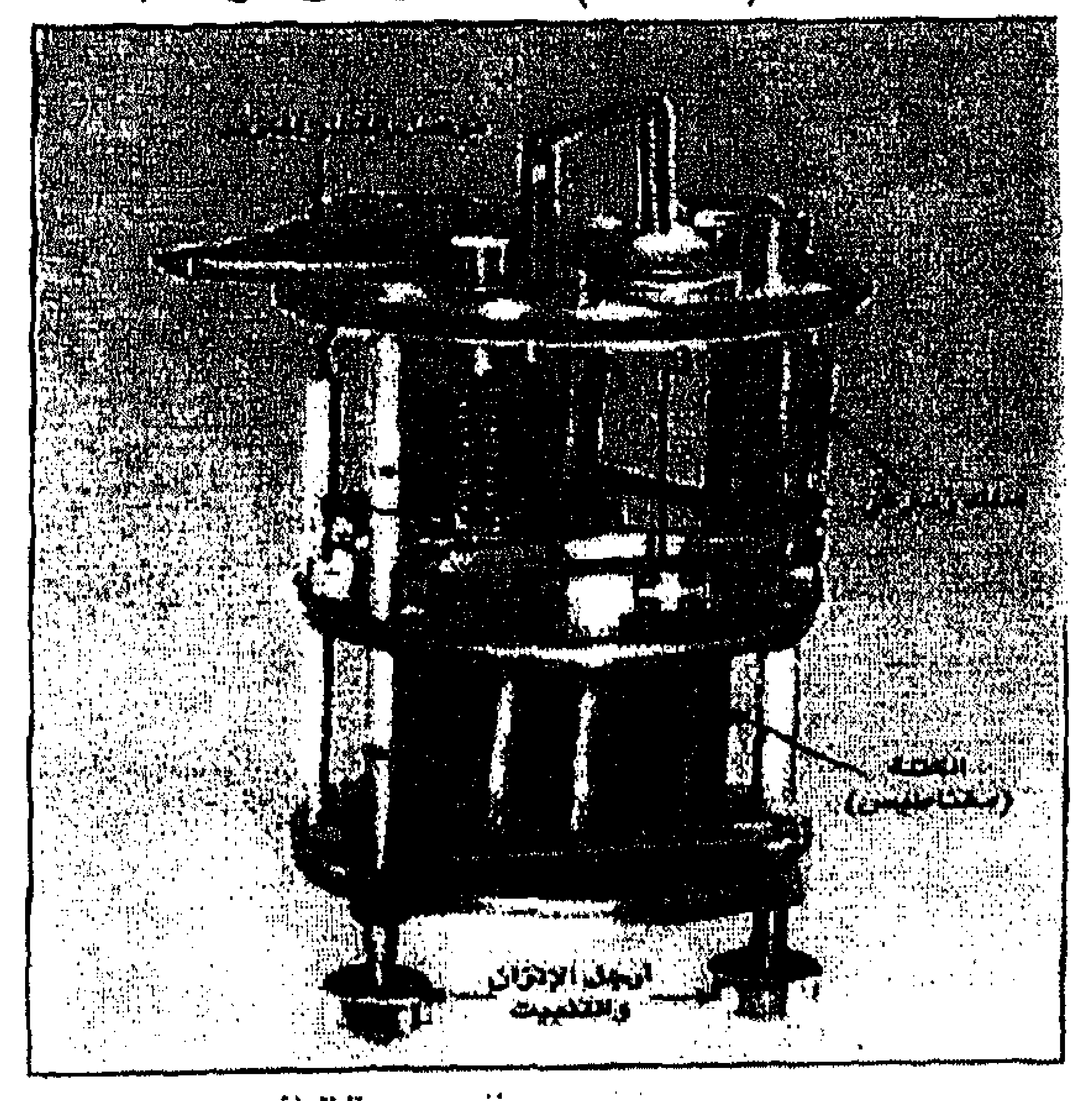
و نظرا لان الجهاز يحتوى على بندول حر الحركة فى اتجاه واحد فإنه يلزم ثلاثة أجهزة فى الموقع الواحد لتسجيل الموجات الزلزالية فى الاتجاهات الثلاث الرئيسية. حيث يثبت جهاز التقاط ذو بندول حر الحركة فى الاتجاه الرأسى.

وفى حاله إنشاء شبكات تسجيل تسجيل الزلازل المحلية.يكتفى بجهاز التقاط واحد يعمل بندوله فى الاتجاه الرأسى بحيث يكون حساسا لالتقاط الاهتزازات الرأسية، كما يثبت جهازان اخران يكون كل منهما حر الحركة فى اتجاه أفقى، أحدهما (شمال–جنوب) و الأخر (شرق–غرب). و فى حالة إنشاء شبكات تسجيل الزلازل المحلية ذات المحطات الحقلية المكثفة فإنه يكتفى بجهاز التقاط واحد بندولة فى الاتجاه الرأسى، الإ أنه يفضل استعمال ثلاثة من اجهزة الرصد فى كل موقع حيث يتيح الكثير من البيانات. و لما كان لكل بندول تردده الطبيعى و بالتالى يكون

له حساسية عالية لالتقاط مدى محدد مـن تـرددات الموجـات و تقـل اسـتجابة السيزموميتر للموجات ذات التردد البعيد لذا تم تطوير اجهـزة واسـعة المـدى و تطوير التسجيل إلى صورة رقمية



شكل (١-٨) مقياس الزلازل .

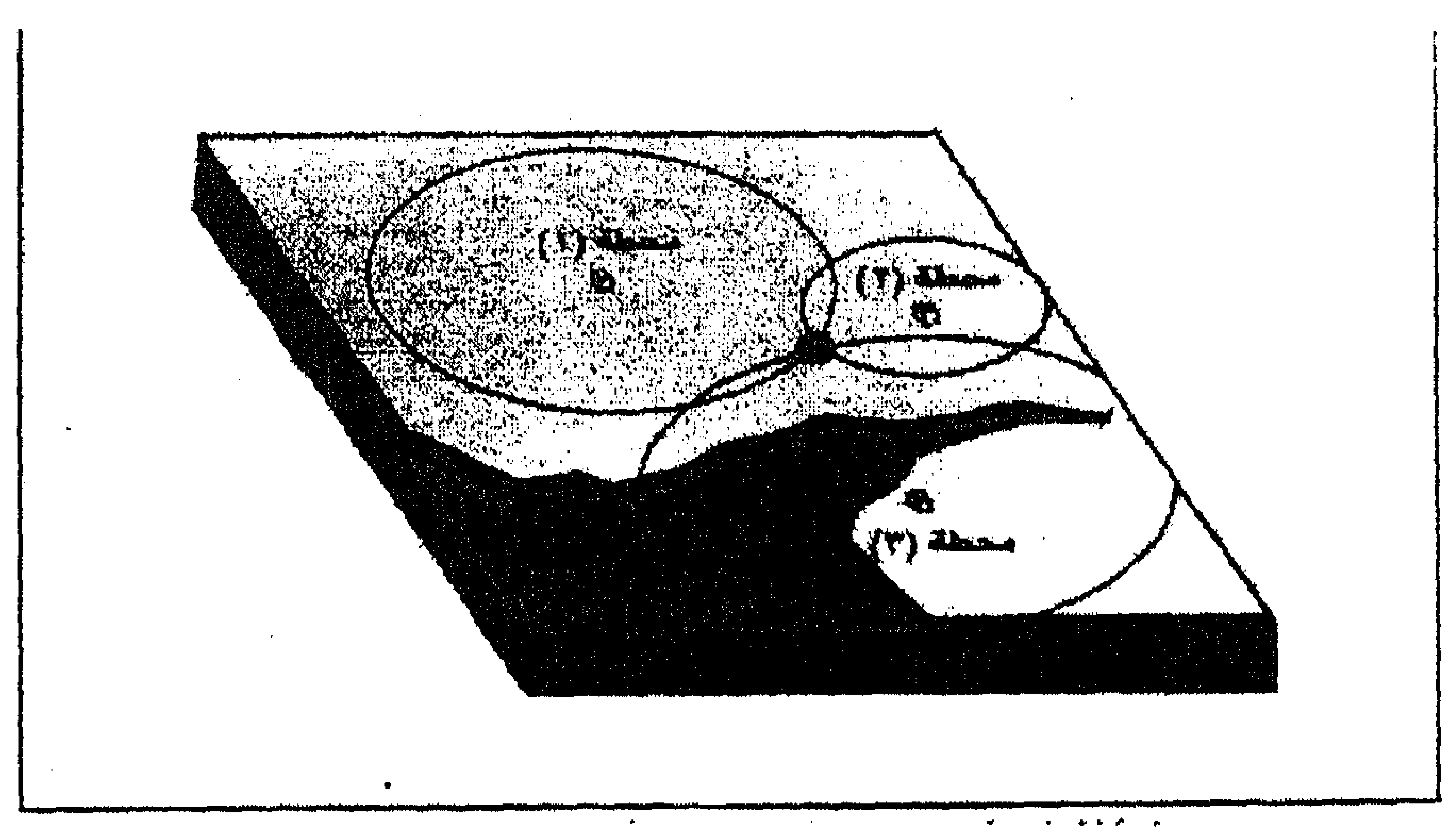


شكل (١-٩) مكونات راصد الزلازل

١-٤ موقع الزلازل

و يمكن تحديد موقع مركز الزلزال عن طريق معرفة الفارق الزمنى بين وصول الموجات الطولية و الموجات المستعرضة و يمكن تحديد موقـع مركـز الزلـزال باستعمال تسجيلات محطة واحدة ذات ثلاث مركبات أو باستعمال ثلاث محطات أو باستخدام بيانات محطات حقلية عديدة لشبكات الرصد الزلزالى.

ويعتمد تحديد الموقع المبدئي على أوقات الوصول النسبية لموجات – P وموجات – S إلى مجموعة لا تقل عن ثلاثة من أجهزة الرصد . وحيث إن موجات – P تنتقل بسرعة أكبر من سرعة موجات – S ، فإنها سوف تصل، أولا، عند جهـاز الرصد المحدد. ويعتمد الفرق بين أوقات وصول الموجات على الاختلاف بـين سرعات موجات –P و – S ، وعلى المسافة بين جهاز الرصد وبؤرة الزلزال.

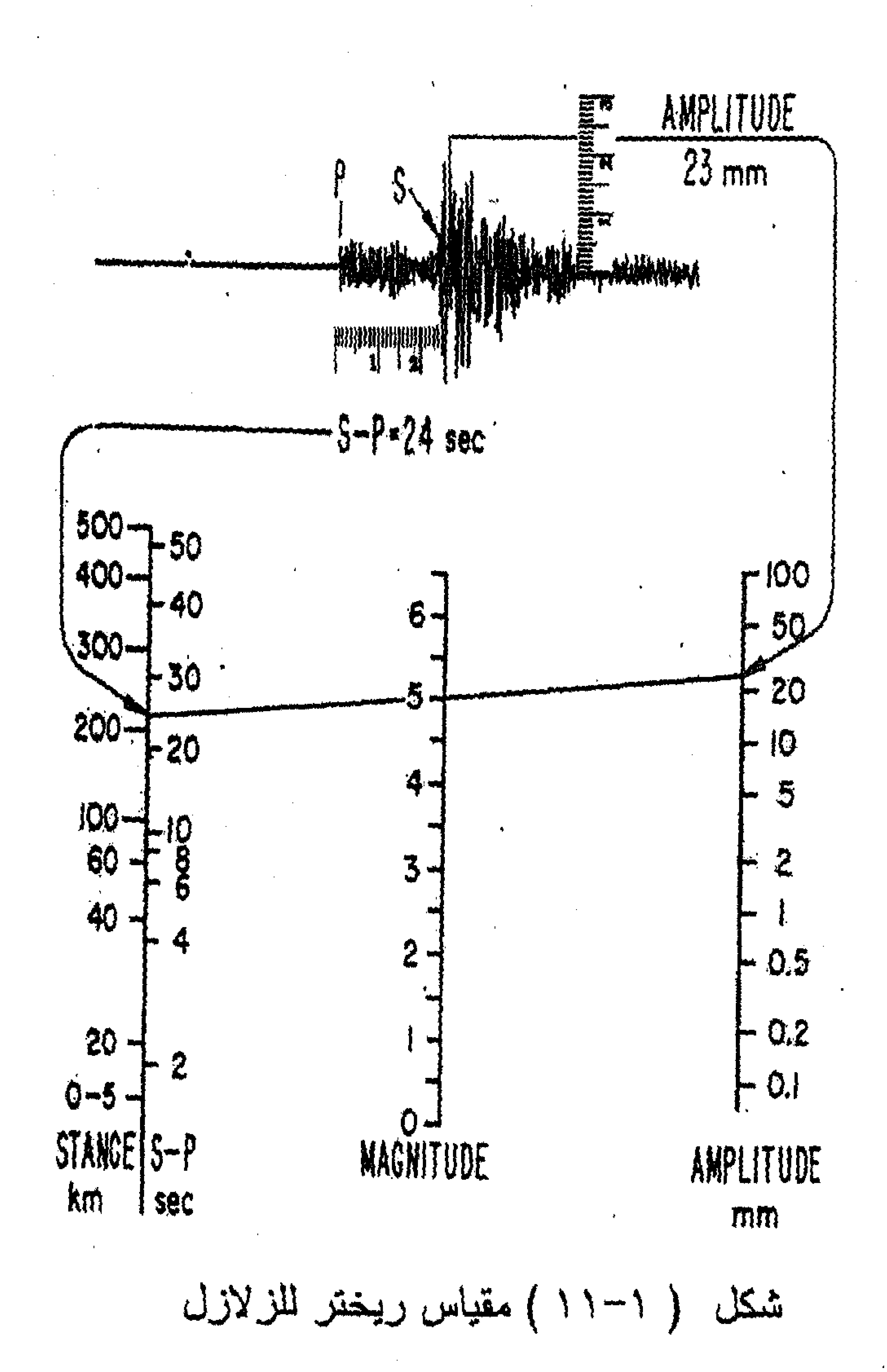


شكل (١-١٠) تحديد موقع الزلازل

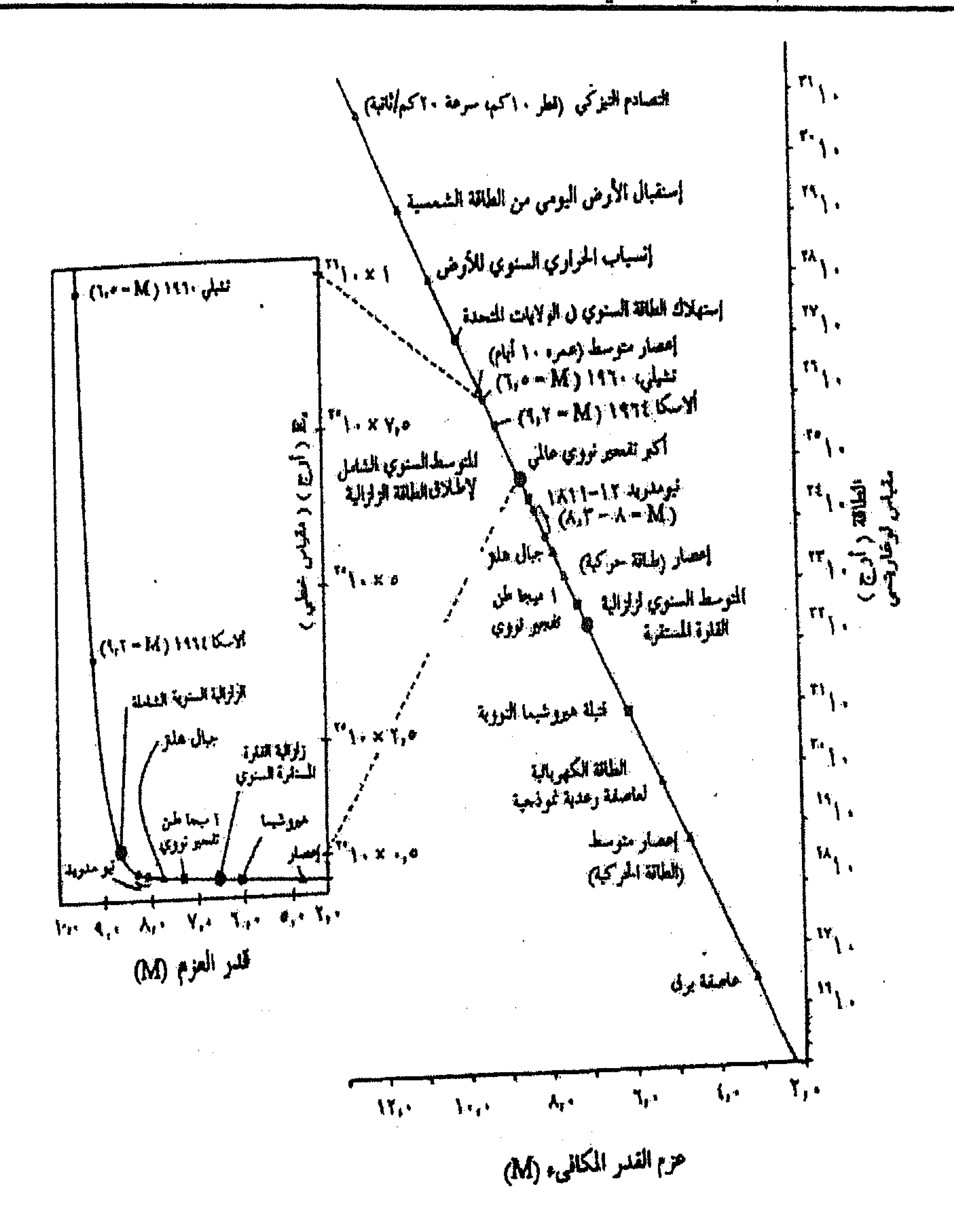
١-٥ مقياس ريختر لقوة الزلزال (القدر الزلزالي)

جاءت إمكانية إيجاد مقياس كمي، وأكثر موضعية لحجم الزلزال مع تطوير الآلات الحديثة لقياس الهزة الأرضية أثناء الزلازل. وفي الستين سنة الماضية، زاد التطوير في الآلات الزلزالية، وكذلك فهمنا للكميات التي تقيسها. وتسمح الآلات الزلزالية بإعداد قياسات كمية وموضعية لحجم الزلزال تسمى قدر الزلزال وتكون أغلب قياسات قدر الزلزال آليا (بمعني، الاعتماد على بعض الخصائص المقيسة للهزة الأرضية).

و مقياس ريختر، شكل (١-١١) ، يقيس الطاقة المنطلقة عن الكسر ويتم حسابه من الموجات المنطلقة من مركز الزلزال وهو مقاس لوغاريتمي حيث أن زلزال شدته ٦ ريختر تولد من الطاقة ٣٢ مثل ما تولده هزه شدتها ٥ ريختر وتولد هزه شدتها ٧ درجات بمقياس ريختر ١٠٢٤ مثل ما تولده هزة شدتها ٥ ريختر مع العلم بأن الطاقة المنطلقه من زلزل ٥ ريختر تعادل الطاقه المنطلقه من إنفجار قنبلة نووية و يوضح شكل (١-١٢) الطاقة النسبية لعدد من الظواهر الطبيعة و الصناعية.



شكل (١-١١) مقياس ريختر للزلازل



شكل (١-١٢) الطاقة النسبية لعدد من الظواهر الطبيعة و الصناعية.

١-٦ الشدة الزلزالية

نظرا لأن تأثير الزلزال على المنشأت فى أى منطقة تتأثر بكمية الطاقة المنبعثة من مركز الزلزال والمسافة بين مركز الزلزال وبين المنطقة التى تتأثر بالزلزال وكذلك طبيعة التربة فأنه مقياس الشدة لقياس التأثيرات المختلفة للزلزال على الإنسان و على المنشأت و على سطح الارض و من هنا يتضح إنه مقياس وصفئ يعتمد على زيادة المواقع المختلفة و رد فعل الناس للهزة و تدوين الملاحظات على هذه التأثيرات ثم تقييم هذا الوصف

و عادة ما يتم الحصول على شدة الزلازل بإجراء مقابلات شخصية مع المراقبين بعد الحدث. وتتم هذه المقابلات في الغالب عن طريق البريد، ولكن في بعض المناطق النشطية زلزاليا، يتم تنظيم وتدريب مراقبين دائمين للحصول على تفسيرات معقولية وغير عاطفية للهزة الأرضية. كما إن مراقبة الشدة تعطي المعلومات التي تساعد على تصنيف انتشار الهزة الأرضية في المنطقة. ويسمح رسم الشدات المدونة عند موقع مختلفة على خارطه برسم خطوط كنتورية متساوية الشدة، أو متساوية الرجفة. وتدعي مثل هذه الخارطة الكنتورية لشدة الزلزال وعموما تكون قيمة الشدة الأكبر قرب المركز السطحي للزلزال، وغالبا ما يستعمل مصطلح شدة المركز السطحي للزلزال كوصف بسيط لحجم الزلزال. وتوضح الخرائط الكنتورية لشدة الزلزال كيف أن الشدة تتناقص، أو تضعف، مع زيادة مسافة المركز السطحي.

و تعبر الشدة الزلزالية بشكل مباشر عن التسارع الزلزالى و تتحدد عموما بعدة عوامل: ١- قوة الزلزال ، ٢ - عمق البؤرة ، ٣ -المسافة و نوع صخور المسار بين البؤرة و الموقع الذى يتم تقدير الشدة الزلزالية فيه، ٤ -نوع التربة فى الموقع ، ٥ - ميكانيكية التصدع.

كما نجد أن أقصى قيمة للموجات الطولية على سطح حول مركز زلزال مـا فـى الاتجاه الذى يميل بزاوية قدرها ٤٥ على اتجاه سطح الصدع و كذلك فى الاتجـاه العمودى علية و بخصوص الموجات المستعرضة و التى لها دور كبير فى إحداث الأثار التدميرية فان سعتها (طاقتها) تصل أقصى قيمة لها على سطح الأرض حول مركز الزلزال فى اتجاه الصدع نفسه و العمودى عليه

و تاخذ الخطوط متساوية الشدة احيانا اشكالا شبة دائرية و ذلك فى حالـة تجـانس الصخور حول مركز الزلزال و هذا يعنى ان الطاقة الزلزالية تتعـرض للتـوهين المتساوى فى جميع الاتجاهات و فى حالة زيادة للتوهين فى اتجـاة معـين لعـدم تجانس الصخور حول مركز الزلزال فان خطوط تساوى الشدة تاخذ شكلا اهيليجيا.

و لأن مقياس الشدة يعتمد على الملاحظات و المشاهدات و لذلك يمكن تحديد من خلاله معرفة شدة الزلازل التاريخية و ربطها بمقياس ريختر الذى تـم اختراعـة ١٩٣٠. و يوضح جدول (١-١) مقياس ميركالى المعدل الذى ينقسـم إلـى ١٢ درجة.

الجدول (١-١) مقياس ميركالي للشدة المعدل في عام ١٩٣١م.

I لا يشعر الناس به و لا تسجله سوى اجهزة الرصد.

II يشعر به عدد قليل من الناس الجالسين او الراقدين وخاصة على الأدوار العليـا من المباني، ربما تتأرجح الأشياء المعلقة الحساسة.

IIIيشعر به عدد من الناس داخل المباني، وخصوصا فى الأدوار العليا من المباني، و لكن لا يميزه عدد من الناس كزلزال و لكن كاهتزاز مرور شـاحنة و ربمـا تتأرجح السيارات الواقفة بشكل خفيف.

IV يشعر به اكثر الناس داخل المبنى ، يوقظ العديد؛ تهتز الابـــواب و النوافـــذ و تتموج السوائل فى الأوانى و تشبه هذه التاثيرات مرور شاحنة ثقيلـــة بجـــوار المبنى.

V يشعر به كل من داخل المبنى و كثير من الناس فى الخارج و تتأرجح الأشياء المعلقة و تنقلب الأشياء الغير ثابتة؛ تلاحظ أحيانا قلقلة الأشجار، وكل الأشـــياء الطويلة؛ و تنسكب السوائل من الأوانى.

VI يشعر الجميع بالزلزال ، يخاف العديد ويجرون إلى الخارج، يتحـــرك بعـــض الأثاث الثقيل؛ ملاحظات قليلة لسقوط الملصقات وتضرر المـــداخن؛ و تظهـــر بعض الاضرار بالمبانى.

VII خوف و هلع بين الناس ، يجري الجميع إلى الخارج، ضرر مهمل في المباني ذات التصميم والإنشاء الجيد، ضرر خفيف إلى متوسط فـــي المبـــاني العاديـــة المبنية جيدا؛ ضرر معتبر في المنشآت ضعيفة البناء أو المصممة بشكل خاص، ضرر كبير في المنشآت ضعيفة البناء؛ تلقي الجدران الإطارية خارجا عن هيكل المنشأ؛ سقوط المداخن ؛ تتهدم اسوار الحدائق و تنقلب شواهد القبور و تحـــدث انزلاقات فى الاجزاء المائلة من الطرق، يلفظ الرمل والطين بكميات صغيرة ، يزعج سائقي السيارات.

IX اضرار شديدة فى كل انواع المبانى و حالة هلع بين النـــاس و الحيوانـــات ، ضرر معتبر في المنشآت ذات التصميم الخاص؛ تصدع الأرض بشكل واضح و تتشوه خطوط السكك الحديدية و تتكسر الأنابيب المدفونة و تتساقط الصـــخور من المناطق الجبلية.

X تهدم كامل للمبانى و تدمر معظم المنشآت الحجرية والهيكلية مـــع الأساســـات؛ تتصدع الأرض بشكل سيئ؛ اضرار واضحة للجسور و السدود و تنحني السكك الحديدية و تحدث انهيارات أرضية و شقوق واسعة فى الأرض.

XI كارثة عامة ، القليل من المباني (حجرية) تبقي واقفة؛ تحطم الكباري؛ تشققات واسعة في الأرض؛ تصبح جميع الأنابيب المدفوعة خارج الخدمـــة؛ ســـقوطات ترابية وإنزلاقات أرضية في الأرض اللينة؛ انحناء قضبان سكك الحديد بشـــكل كبير.

XII تغيير مظهر سطح الأرض و يحدث ضرر كامل لكل الأعمال الإنشائية علـــى وجه الخصوص؛ تلاحظ الموجات على سطح الأرض؛ تشوه خطوط المشـــاهدة والتسوية؛ تلقي الأشياء إلى الهواء.

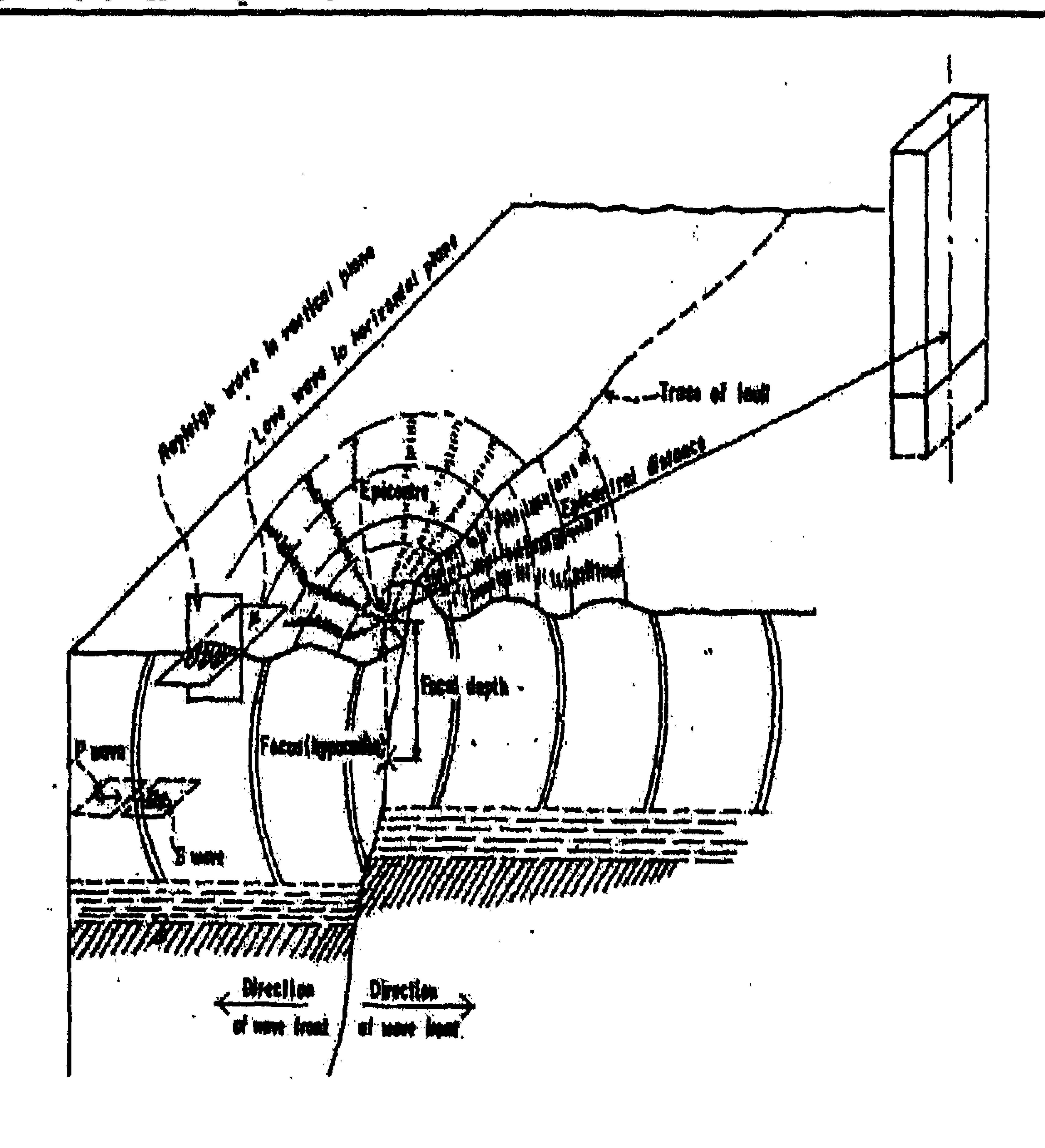


الفصل الثاني



تاثير الزلازل على المبانى

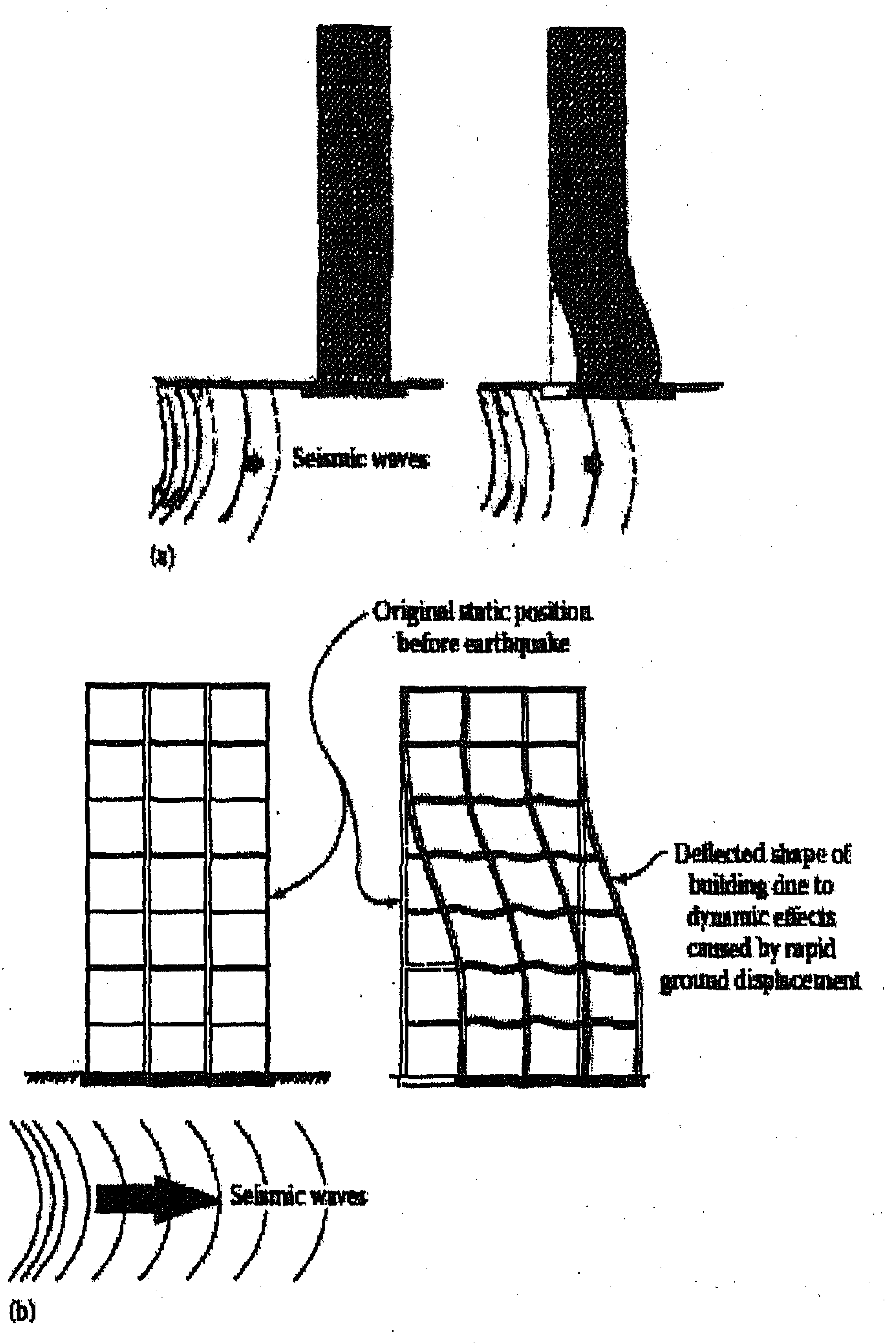
بحدوث الزلزال تقوم الموجات الأولية بضغط وخلخلة المواد التي تمر فيها بصورة متتابعة في نفس اتجاه سريان الموجات، مما يضعف من تماسك تلك المواد. وتقوم الموجات الثانوية بزحزحة حبيبات التربة في اتجاه عمودي على سريان هذه الموجات وهي المسببة لتدمير المباني والمنشآت على سطح الأرض خاصة . تتأثر القوى التى تصل الى اساسات المبنى بقوة الزلزال و بعد المنطقة عن مركز الزلزال و نوع التربة اسفل المبنى و على طول المسار الموجات حيث تتبدد طاقة الموجات الزلزالية بانتشارها في الصخور واحتكاكها بمكونات الأرض، ومن ثم تضعف تلك الموجات بالبعد عن مصادرها. وعلى الرغم من أن معظم رحلة انتقال الموجات الزلزالية من مصدر الزلزال إلى سطح الأرض يكون خلال الصخور، إلا أن الجزء الأخير من هذا المسار يكون خلال طبقة من التربة و التى تؤثر فى طبيعة الاهتزاز عند سطح الأرض. وحيث أن خصائص التربة غالبا ما تتغير كثيراً من مكان إلى أخر فى مسافة قصيرة ، فإنه من الممكن أن يكون هناك اختلاف كبير فى مستويات الاهتزاز الأرضي فى حدود مساحة صغيرة



شكل (٢-١) مسار الموجات الزلزالية

تنتقل حركة الأرض أثناء الزلزال إلى أساسات المبنى ومنها إلى المبنى فتتأثر المباني بهذه الحركة حيث أن القوى الزلزالية المؤثرة على المبنى تساوى قيمة العجلة الزلزالية مضروبة فى كتلة المبنى و مقاومة هذه القوة تنتج من قوة القصور الذاتى و جساءة المبنى و الأخماد و هى دوال فى خصائص المبنى و تؤثر الزلازل بمركبتين أفقيتين ومركبة راسية و يكون تأثير العجلة الأفقية هى الحاكمة فى المباني. و هناك حالات خاصة تساهم فى تضخيم تأثير الموجات الزلزالية على

المنشأت منها ظاهرة الرنين و تحدث هذة الظاهرة فى المنشات التـــى يتوافـــق او يقترب ترددها مع التردد الطبيعى للتربة المقامة عليها عنـــد تعرضـــها لموجـــات زلزالية لها التردد نفسة تقريبا.



شكل (٢-٢) تصرف المبانى اثناء الزلازل

٢-١ تحديد الخطورة الزلزالية

الغالبية العظمي من الزلازل تكون ضعيفة جدا ترصدها الأجهزة فقط و لكن مثل هذا النشاط الزلزالي الدقيق ذا أهمية أكبر لعلماء الزلازل و لكن يهتم مهندسو الزلازل بالهزات الأرضية القوية الكافية للتأثير في الناس وبيئتهم. حيث ان مقياس الشدة الذى يقيس تأثير الزلازل على الناس والممتلكات وكذلك مقياس ريختر الذى يقيس كمية الطاقة المنطلقة لايفيد المهندسين فى حساب الأحمال الواقعه على المبانى والمنشآت نتيجه الزلازل ولذا فمن الضرورى تحديد العجلة الأرضية الناتجة من الزلزال حتى يمكن حساب الإحمال الواقعه على المبانى. و هدف التصميم المقاوم للزلزال هو الوصول الى المنشأ أو المرفق الذي يستطيع تحمل مستوى محدد من الهز دون حدوث ضرر كبير.

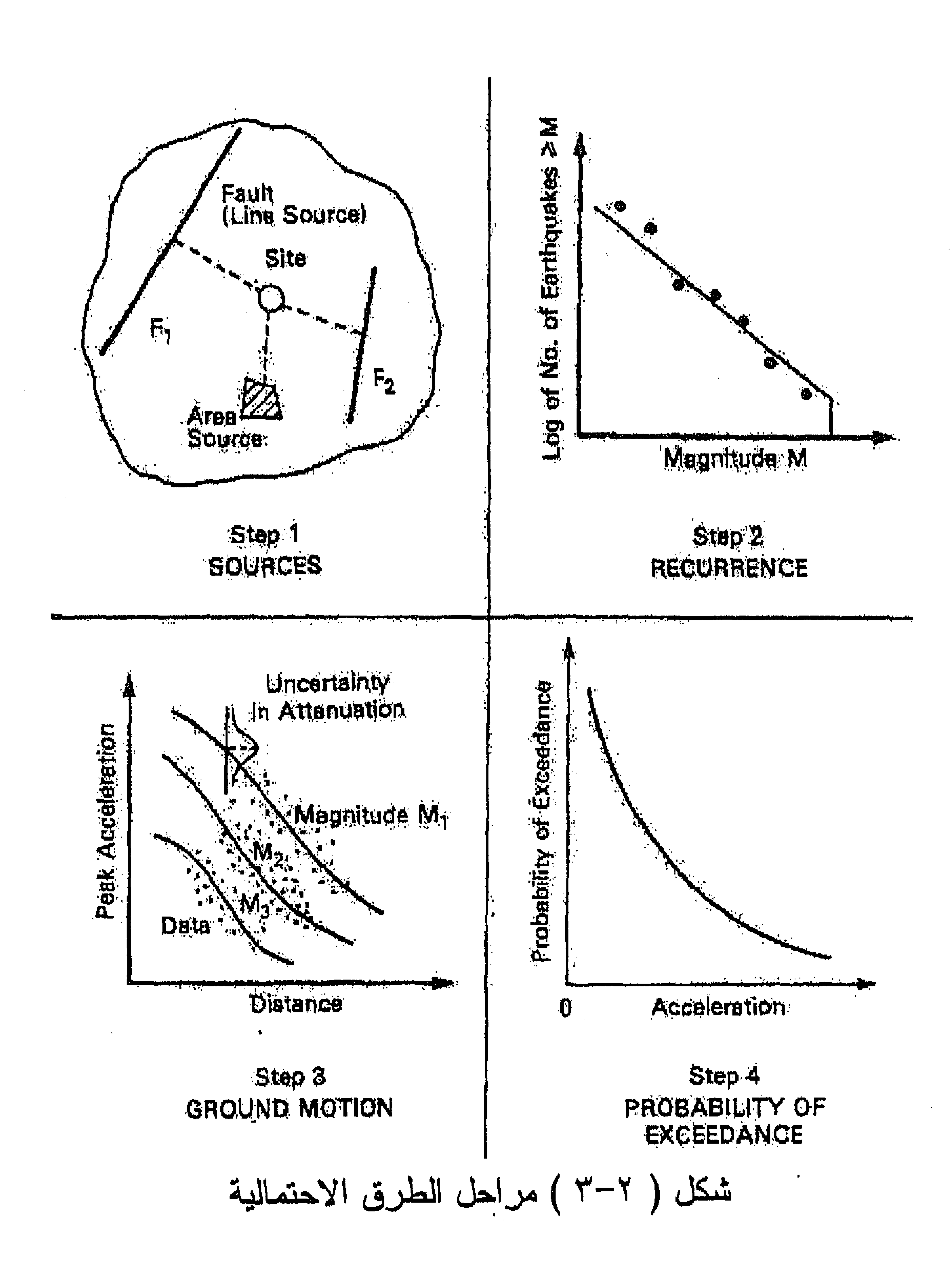
ويوصف مستوى الهز بواسطة الحركة الأرضية التصميمية، المقياس الأكثر شيوعا للقيمة العظمي لحركة أرضية معينة هو تسارع القمة . ويكون تسارع القمة الأفقي لمركبة حركة معطاة ببساطة القيمة الأكبر (المطلقة) للتسارع الأفقي المنتج بواسطة جهاز قياس التسارع لتلك المركبة. وبأخذ مجموع المتجه لمركبتين متعامدتين، فإنه من الممكن إيجاد المحصلة الكبرى لتسارع القمة الأفقي. و لقد أعطي تسارع القمة الرأسي اهتماما أقل في هندسة الزلازل من تسارع القمة الأفقية، والسبب الرئيسي لذلك هو أن معامل للقوى الرأسية التي تحدثها الجاذبية الساكنة في الأعمال المنشأة عادة ما تعطي مقاومة كافية للأحمال الديناميكية الناتجة عن التسارعات الرأسية أثناء الزلازل. ويتضح تأثير المركبة الراسية فى الكوابيل والسلالم.

وتنشأ أغلب الصعوبات في تعيين الحركة الأرضية التصميمية من اعتمادها الذي لا يمكن تلافيه على القرارات الغير موضعية التي يجب اتخاذها بناء على معلومات غير كاملة أو غير مؤكدة. وتدور هذه القرارات بدرجة كبيرة حول الزمن، والموقع للزلازل المستقبلية و حجم الدمار المتوقع. فإذا كان الدمار الصغير جدا مقبولا، فإنه يجب التصميم عند مستوى هز قوى نسبيا، وستكون التدابير المتطلبة لمقاومة ذلك الهز مكلفة إلى حد بعيد. أما إذا سمح بقبول مستويات أكبر للدمار، فإنه يمكن اعتبار مستويات تصميمية أقل للهز وسيكون التصميم الناتج أقل تكلفه.

و حيث أنه من الصعب التنبؤ الدقيق بأكبر قوة زلزالية يمكن أن تؤثر فى منشاة ما خلال عمرها الإفتراضى فإنة يتم تقدير ذلك من خلال دراسة التاريخ الزلزالى المعروف للمنطقة الموجودة بها المنشأة. سواء الموثوق فيها تاريخيا او المسجل بواسطة المراصد الزلزالية و بالتالى فإنه يمكن باستعمال النماذج الإحصائية استنتاج قوة اكبر زلزال يمكن أن يحدث فى المنطقة خلال عمر المنشأة و كلما إكتملت المعلومات الدقيقة عن الزلازل التى حدثت فى الماضى ، و كلما طال هذا التاريخ (الموثق تاريخيا و المسجل بالأجهزة) زادت مصداقية قيمة القوة المحسوبة إحصائيا لأكبر زلزال يحتمل أن يحدث فى المستقبل. و من هنا تظهر الأهمية القصوى لشبكات الرصد الزلزالى. و يتم ذلك إما باستخدام الطرق التحديدية أو الطرق الاحتمالية

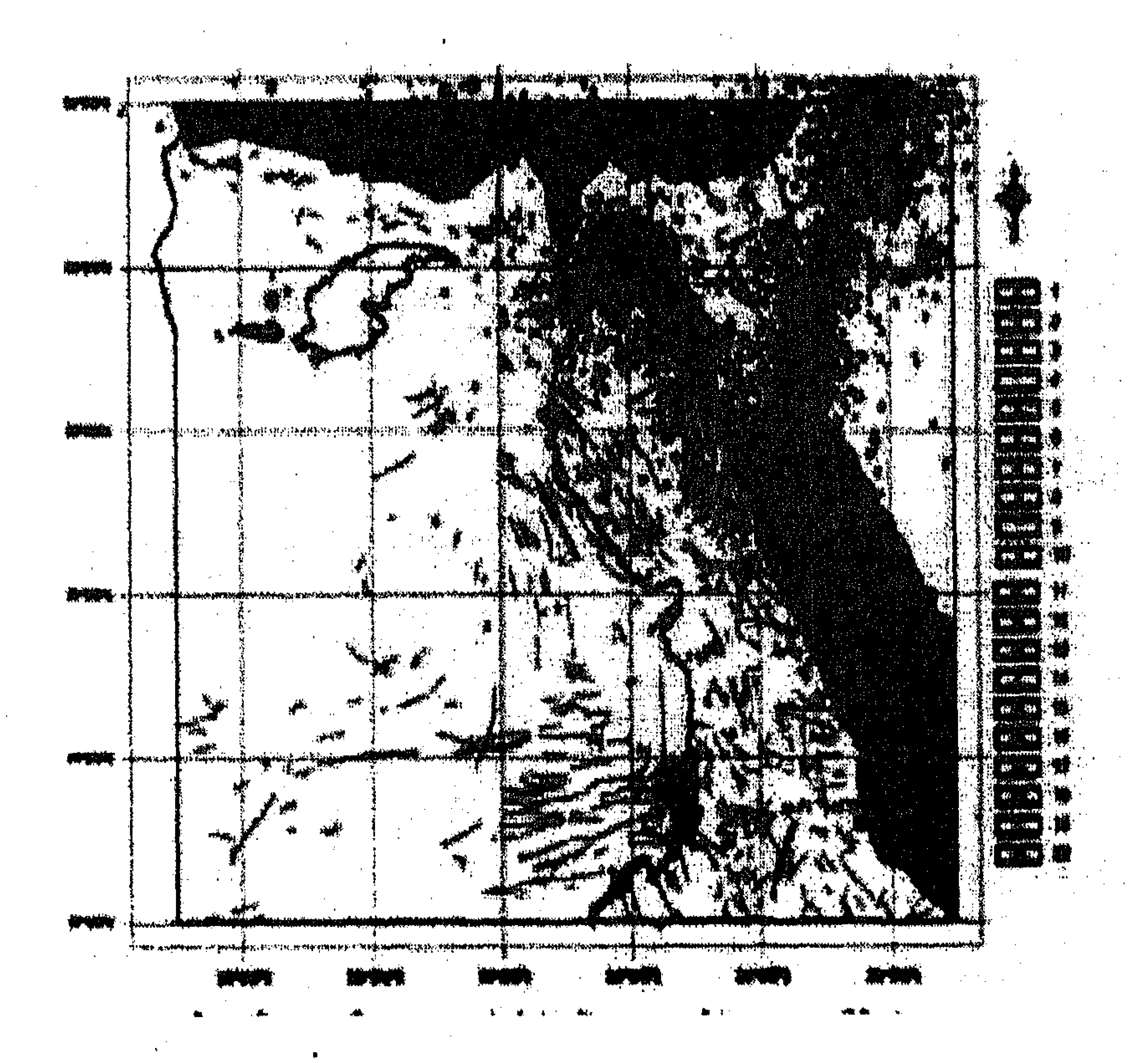
ففى حالة الطرق التحديدية يتم تحديد اقرب فالق زلزالى و حساب أقصى قوة متوقعة فى حالة حدوث زلزال على هذا الفالق والحركة الأرضية الناتجة عنه فى منطقة الدراسة وتستخدم هذه الطرق عادة فى الدراسات التفصيلية عند إنشاء موقع المدن الجديدة أو المنشأت ذات الأهمية الخاصة مثل السدود ومحطات الطاقة النووية .

أما فى حالة الطرق الاحتمالية التى تستخدم لتحديد تكرارية حدوث الـزلازل فـى المستقبل بقيمة معينة لكل منطقة تتم على خطوات ١ تعريف مصادر الـزلازل ٢ تحديد تكرارية حدوثها لكل مصدر ٣- تحديد أقصى عجلة محتملة من معرفة شدة الزلازل ٤ – تحديد احتمالية الحدوث لعدة مستويات من العجلة الأرضية للموقـع خلال فترة زمنية حيث يتم تحديد جميع النطاقات الجيوتكتونية ذات العلاقة بالنشاط الزلزالى التاريخى والحديث فى المنطقة والمناطق المحيطة وحساب اقصـى قـوة متوقعة من كل نطاق جيوتكتونى على حدة ثم حساب اقصى عجلة متوقعة خـلال فترة زمنية مستقبلية.



شكل (٢-٣) مراحل الطرق الاحتمالية

يوضح شكل (٢-٤) خريطة توضح مناطق توزيع الزلازل فى جمهورية مصر العربية و يتضح بها أن منطقة البحر الاحمر منطقة حساسة تحدث بها أكثر الزلازل فى مصر.

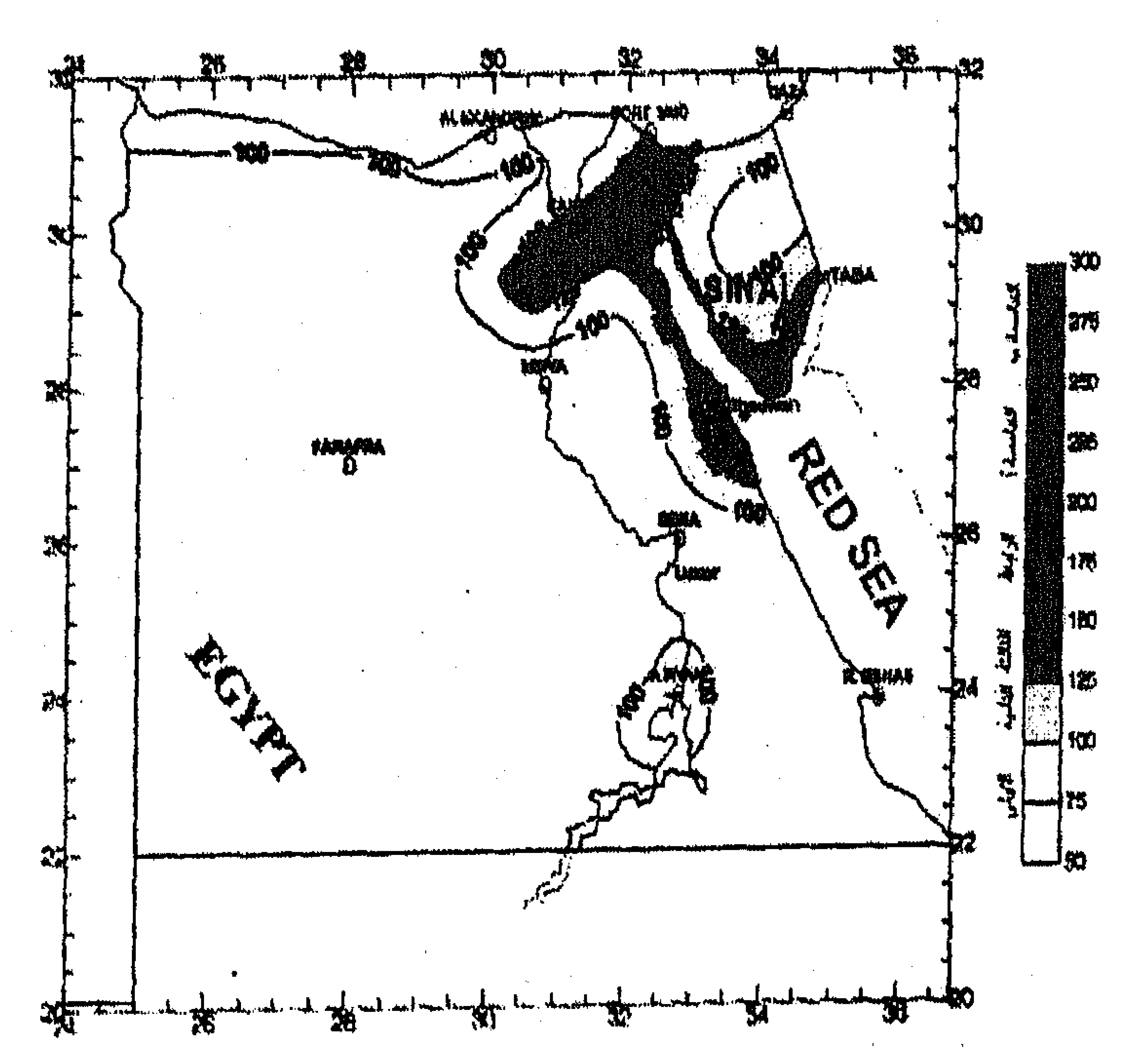


شكل (٢-٤) خريطة توضح مناطق توزيع الزلازل فى جمهورية مصر العربية

(د. عبد العال حسن جريدة الاهرام ٢٠١٢/١١/٤)

كما يوضح شكل رقم (٢-٥) خريطة اقصى عجلة متوقعة لحركة سطح الأرض مقدرة فى المناطق المختلفة لجمهورية مصر العربية باحتمال عدم زيادة فى حدود ٩٠ % لفترة زمنية ٥٠ سنة والمأخوذ بها فى تصميم المبانى و يظهر منها

أن جمهورية مصر العربية من المناطق ذات الشدة الزلزالية القليلة إلى المتوسطة وأن منطقة البحر الأحمر و جنوب خليج السويس تمثل اعلى قيمة للعجلة الأرضية و تبلغ من ٠.٢٥ – ٠.٣٠ من عجلة الجاذبية أما المناطق الأخرى فى سيناء و جنوب الدلتا و شمال بحيرة ناصر فتمثل درجات خطورة متوسطة حيث تتراوح من ٠.١ – ٠.١٥ من عجلة الجاذبية أما معظم مناطق الصحراء الغربية و الشرقية فتتراوح العجلة بها ما بين ٠.٠٧٥ – ٠.١ من عجلة الجاذبية و هى تمثل درجات خطورة منخفضة.



شكل (٢-٥) عجلة حركة سطح الأرض لمصر باحتمال عدم زيادة فى حدود ٩٠ % لفترة زمنية ٥٠ سنة

حركة الأرض أثناء الزلزال عشوائية فى الخصـائص ويمكـن وصـف حركات الأرض الناجمة عن الزلازل بثلاثة مركبات للانتقـال وثلاثـة مركبـات للدوران عند نقطة معينة. و يمكن اهمال مركبات الدوران وغالبا ما تقاس الـثلاث مركبات المتعامدة لانتقال الهزات. وتحتوى تسجيلات حركة الأرض النموذجيـة، مثل تغير التسارع مع التاريخ الزمني الموضحة في الشكل (٢-٦) كمية هائلة من المعلومات. ولكي نعبر عن كل هذه المعلومات بدقة فإنه يجب وصف كل التواء أو انحناء في كل رسمة. و تجعل هذه الكمية الكبيرة من المعلومات وصـف الحركـة الأرضية دقيقا ولكن مرهقا.

و ليس من الضروري الحصول على كل تاريخ زمني على نحـو دقيـق لوصف الحركة الأرضية و لكن يجب وصف الخصائص للحركة الأرضية التـي لها أهمية هندسية. هناك ثلاث خصائص لحركة الزلـزال ذات أهميـة أساسـية: الإزاحة و سعة التردد، و فترة الحركة (مدة الزلزال)

كما تلاحظ أن الخسائر في المباني والمنشآت تكون أكبر ما يمكـن إذا تطابقـت (تداخلت) كل من الترددات الطبيعية للموجات الزلزالية، والتردد الطبيعـي للتربـة (في المواقع المقامة عليها المباني)، والتردد الطبيعي للمباني والمنشآت.

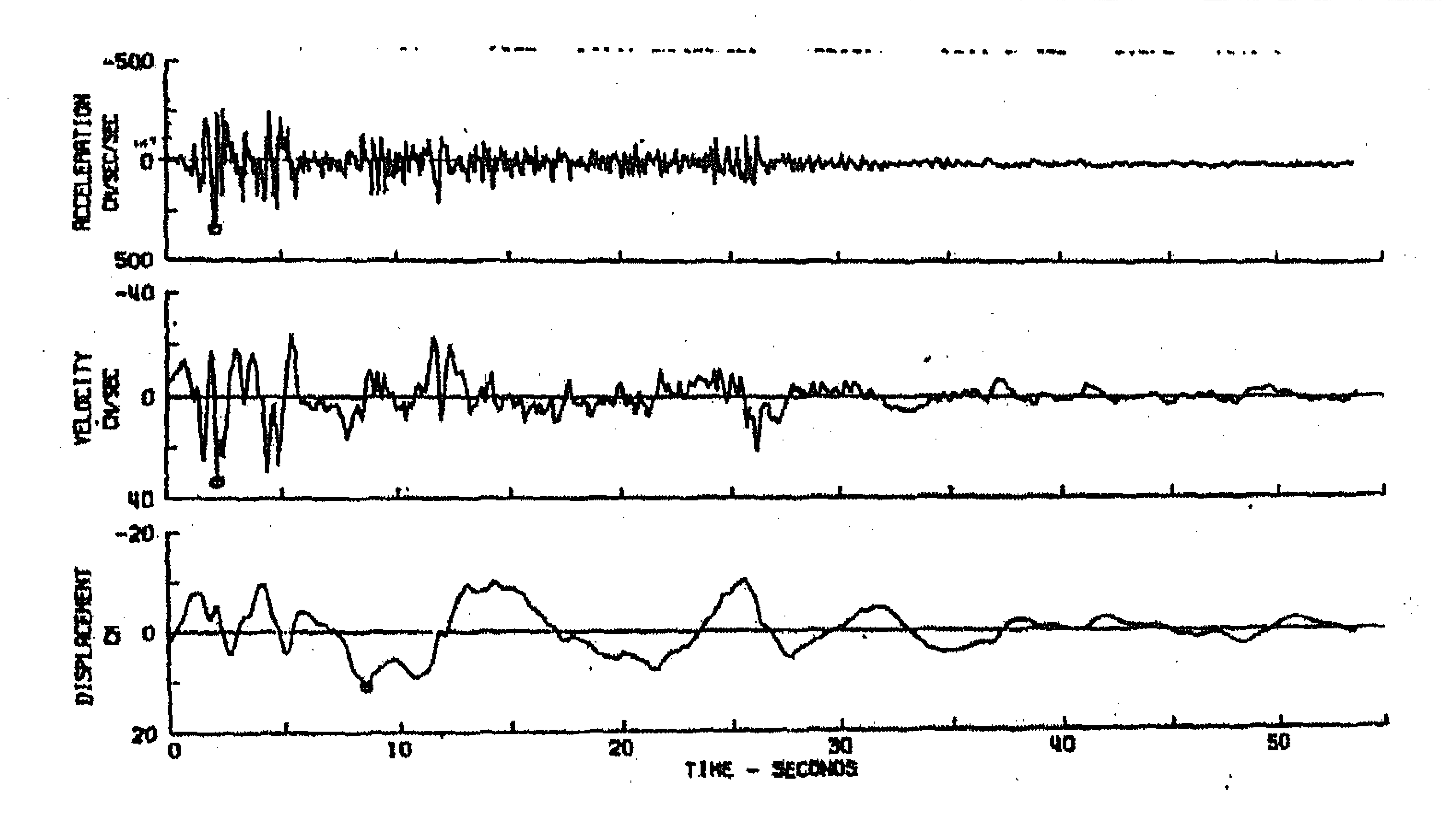


Fig.(2-6) Ground acceleration and integrated ground velocity and displacement curves for a typical earthquake

طيف الاستجابة

كما يستعمل نوع ثانى من الطيف بكثرة في ممارسة هندسة الزلازل و هو طيف الاستجابة، حيث يتم تبسيط شكل العجلة الأرضية للتصميم بإستنتاج طيف التجاوب المرن شكل (٢-٧) الذى يربط بين أقصى غجلة والتردد الطبيعى للمبنى و يتم إعداده عن طريق حساب تجاوب نظام أحادى الحرية بخصائص إخماد مختلفة حيث تسجل اكبر قيمة و تصبح هى المعبرة عن النظام عند التعرض للحركة. ويمكن رسم أطياف الاستجابة منفردة لمقاييس لوغاريتمية، في رسومات ثلاثية المحاور (شكل ٢-٧ ج) ويظهر الرسم ثلاثي المحاور السرعة الطيفية (spectral velocity) على المحور الرأسي، والتردد الطبيعي (أو الفترة) على المحور الأفقي، والتسارع والإزاحة على المحاول المائلة.

وتقل التسارعات الطيفية مع زيادة اللدونة، ولكن تزيد الإزاحات الكليـــة. ومنـــه يتضح أن كلما زادت الجساءه أو كتلة المبنى يقل التردد الطبيعى وتزداد العجلـــة مما يسبب قوة أعلى على المبني و بالتالى فإنه يمكن أن يكون زياده قطاعات المبنى سببا فى زياده الإحمال على المبنى ٠

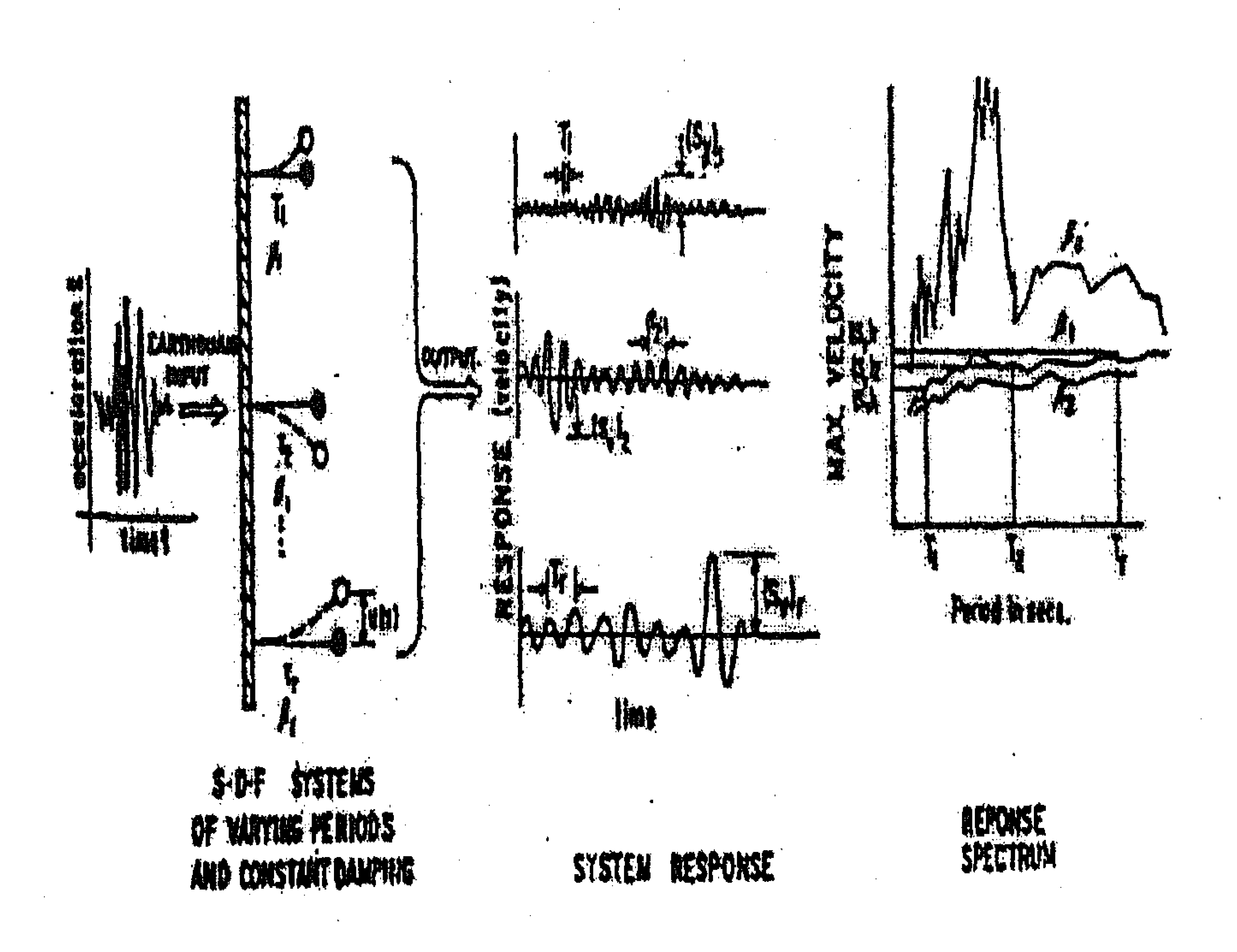


Fig. 2-7 a Schematic interpretation of response spectrum

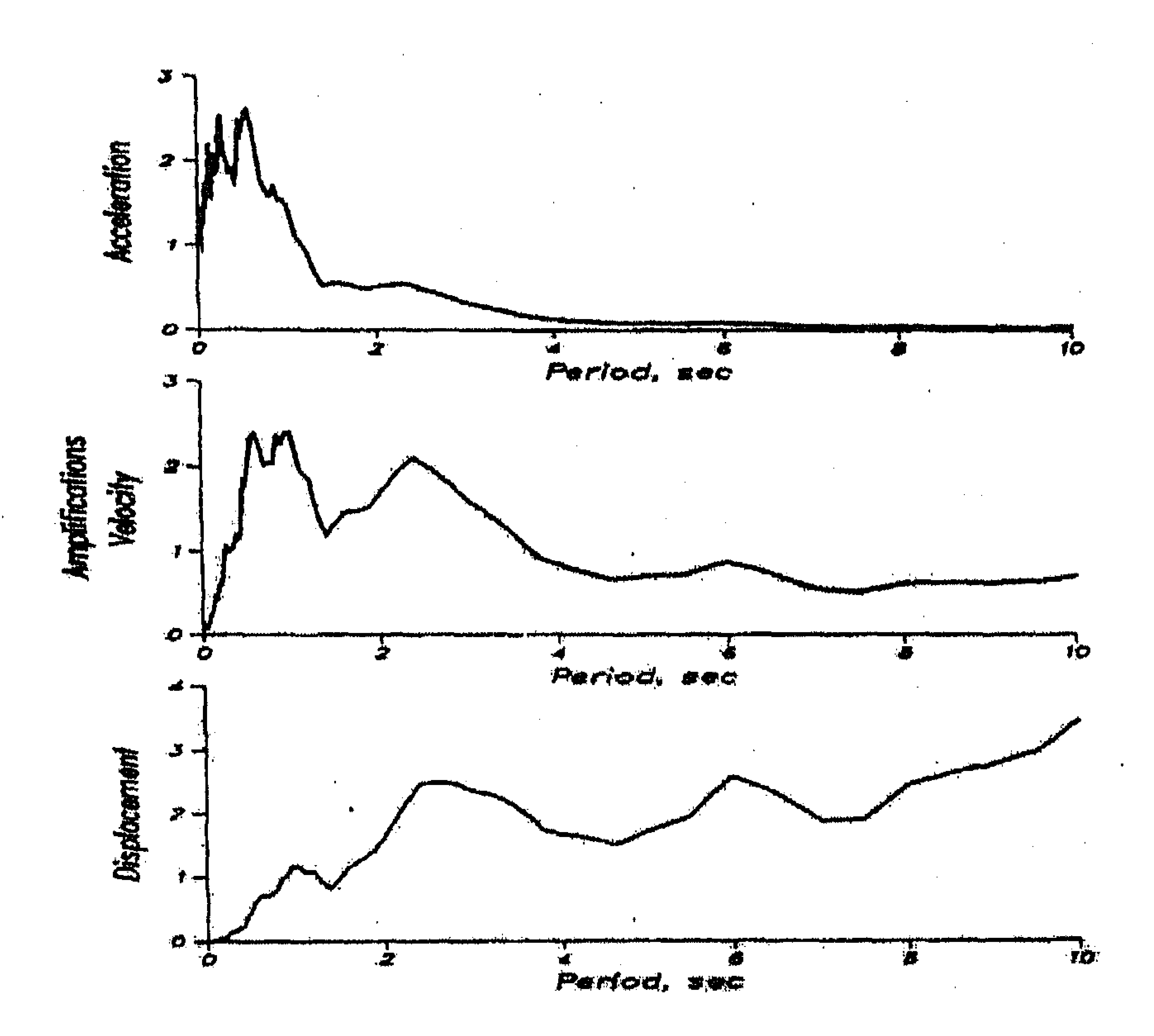


Fig. 2-7 b Acceleration, velocity and displacement amplifications plotted as a function of period for 5% damping for the S00E component of El Centro

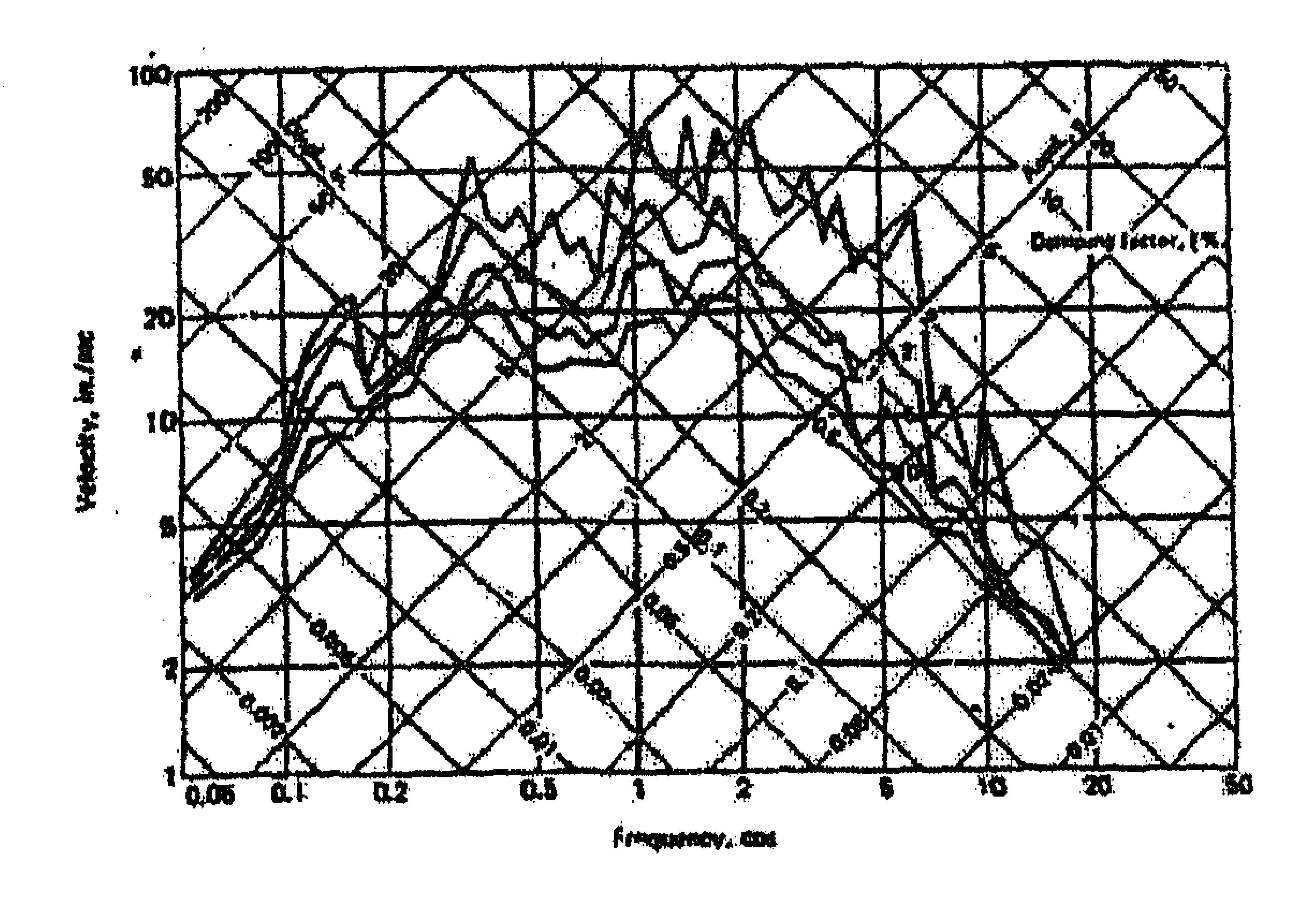


Fig. 2-7 c Schematic interpretation of response spectrum

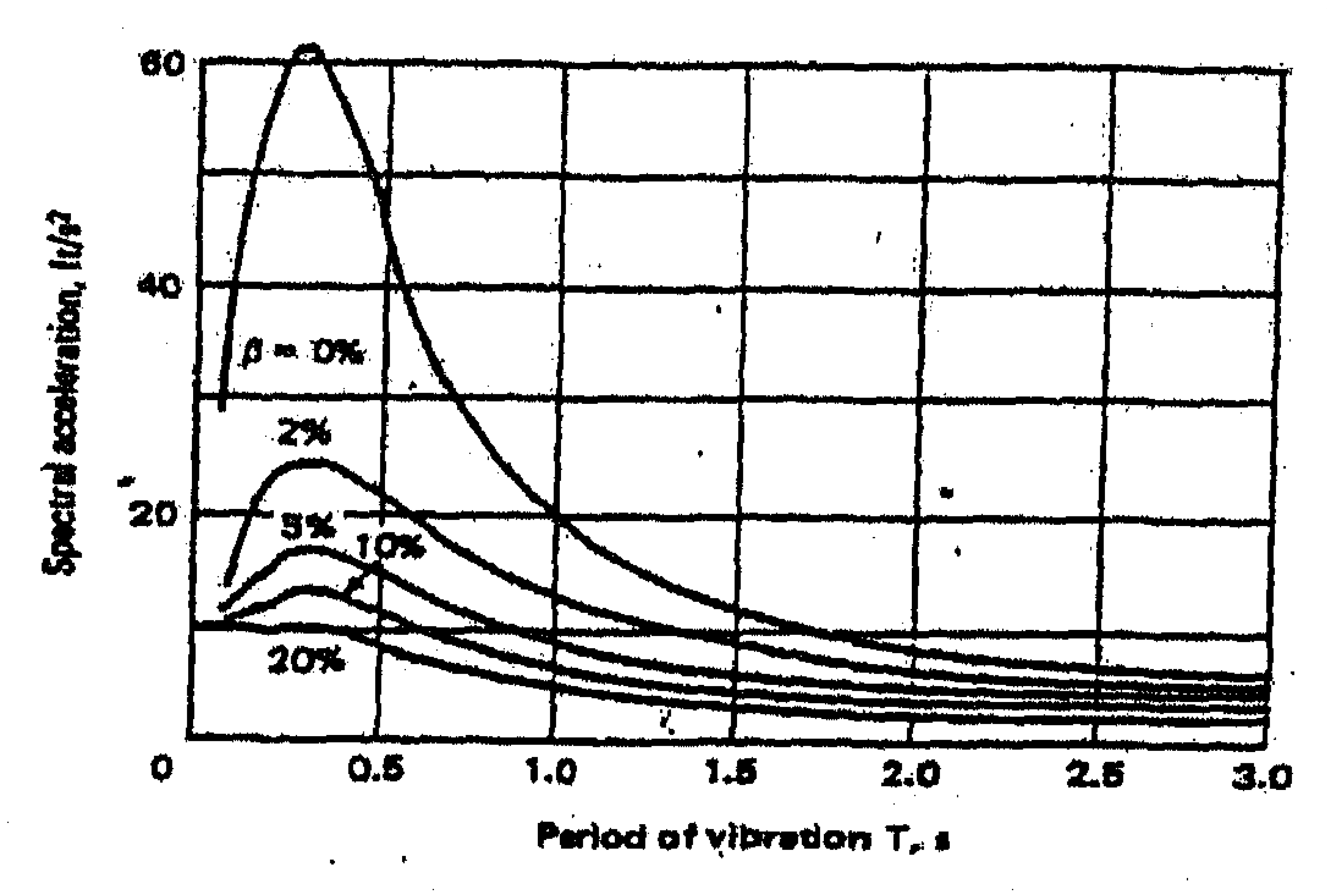


Fig. 2-7 d Smoothed out acceleration spectra for El Centro earthquake

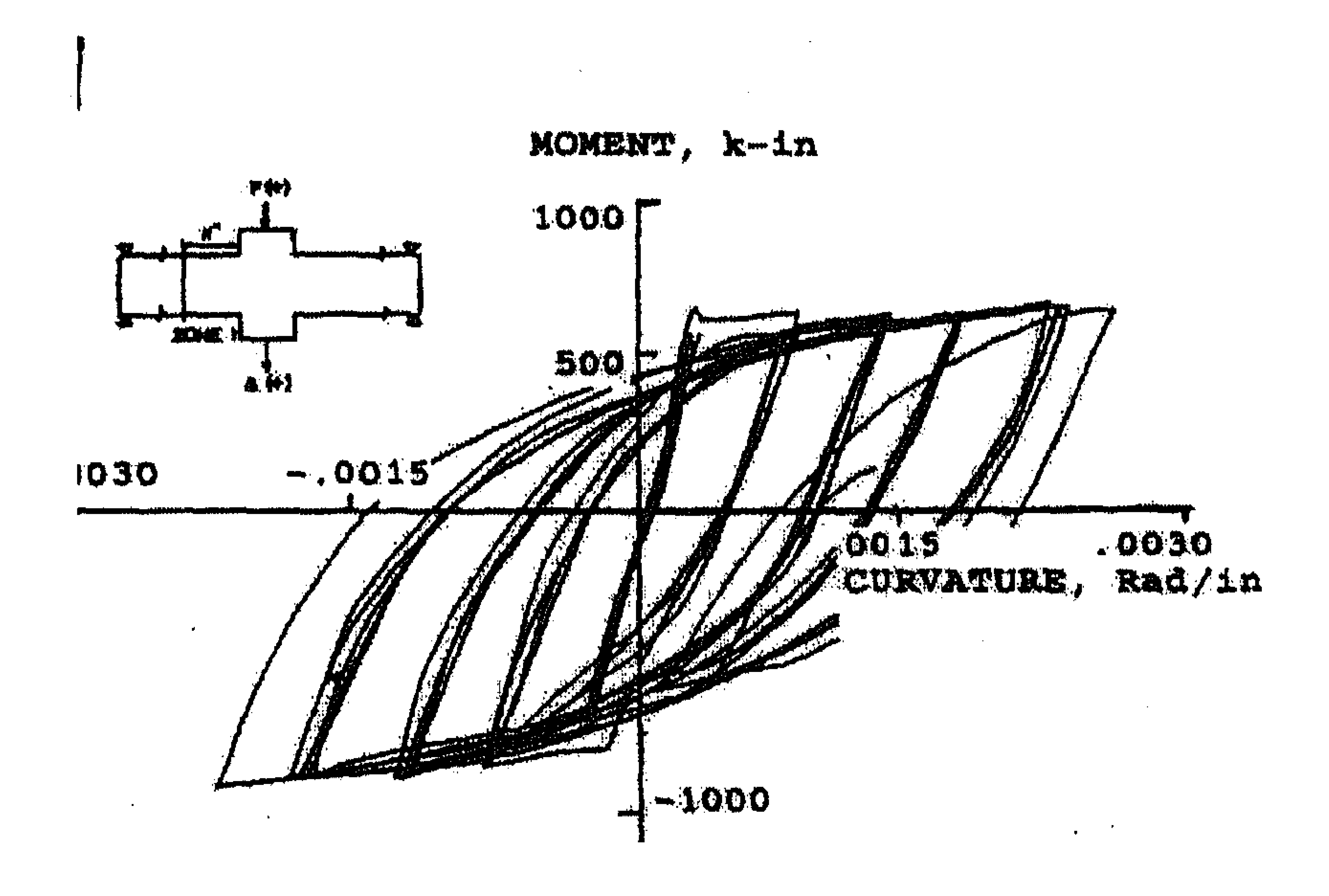
٢-٢ تاثير الزلازل على المبانى الخرسانية المسلحة

يجب أن يوازن كود الزلازل بين زيادة الحماية فى المنشات مما يسبب زيادة التكلفة و بين تقليل الخسائر فى حالة حدوث زلزال مدمر. إلا أنه وجد أنــه لــيس مــن الاقتصادى أن تصمم المبانى الخرسانيه المسلحه بدون شروخ لكل الزلازل، حيــث أن اقصى شدة زلزالية يمكن أن يتعرض لها منشأ خلال عمره الافتراضي تعتبــر ضئيلة و لذلك وضعت مواصفات الزلازل إلى تأمين مستوى أدنى من التصــميم يسمح للمباني بالتالي : أن تقاوم المبانى الزلازل الضعيفة بدون حدوث شروخ وأن تقاوم الزلازل المتوسطة بدون أضرار بالعناصر الإنشائية مع احتمال حدوث بعض الأضرار بالعناصر غير الإنشائية وكذلك تقاوم الزلازل الشــديدة بــدون انهيــار ولتحقيق هذا فيتم التصميم بحيث يسمح أن تتخطى المواد المستخدمة فى الإنشــاء حدود المرونة فى حالة الزلازل الشديدة وذلك بالسماح بتكون مفصلات لدنه (نقاط ضعف) تسمح بتسرب الطاقة الناتجة من الزلزال بدون حدوث انهيار للمبنــى و لكن فى المنشات المهمة مثل محطات الطاقة أو المنشات عالية التكلفة يتطلــب أن يكون التصميم لأى شدة زلزالية فى مرحلة المرونة.

لذلك فبالإضافة إلى الجساءة و المقاومة الواجب تــوافرهم للعناصــر الخرســانية المسلحة فإنه يجب توافر الممطولية لمقاومة الزلازل وهى قدرة العنصــر علــى حدوث تشكلات لدنة بدون حدوث إنهيار حيث توجد هذه الخاصيه في حديد التسليح بشكل خاص حيث ينقطع بعد أن تحصل له استطالة كبيرة . حيث أن وجود حديد التسليح فى الخرسانة يمنحها لدونة كبيرة. يمتص التغير في الشكل والطاقة ويؤجل الانهيار الكامل للخرسانة المسلحة ، وبهذا فإنه يتم الاعتماد على خاصيه اللدونــة لامتصاص الطاقة التدميرية ولمنع الانهيار في الحالات النادرة عندما تزيــد قــوى الزلازل عن تلك التي صمم لها المبنى .

و تنتقل القوى العرضية المتولدة فى المبانى الخرسانية نتيجة الـــزلازل الـــى عناصر المقاومة الرأسية عن طريق الأغشيـــة الصلبـــة Diaphragms و تنقسم انظمة مقاومة الزلازل فى الغالب الى حوائــط القــــص او الاطـــارات. حوائط القص عبارة عن جدران كابولية رأسية مصممة لاستلام القوى الأفقية مــن الأغشية الصلبة ونقلها إلى الأرض و تتكون في هذه الحوائط قوى القـص. امــا الاطارات المقاومة للقوى الأفقية الزلزالية فإن هذه المقاومة تتم عبر عزوم الانثناء وقوى القص التي تنشأ في الأعمدة والكمــرات الملتحمة مع بعضـــها بوصـــلات تقاطع قويـــة.

تعتمد فكرة الإطارات في المقاومة على امتصاص الطاقة فى حالـــة الـــزلازل الكبيرة بحيث يحصل لديها تغيير دائم في الشكل قبل حصول الانهيـــار النهـــائي . تعتبر الإطارات المسلحة والتي تحتوي على كمية كبيرة من حديد التســليح فعالـــة كإطارات لدنة Ductile حيث تغير شكلها وتحتفظ بمقاومتها قبل الانهيار ولا تنهار بشكل هش Brittle . ولذلك فأن التصميم بأسلوب (الأعمدة القويـــة والكمـــرات الضعيفة) هو الأسلوب المناسب للمبانى الإطارية حيث يعتمـــد التصـــميم علـــى التصرفـ اللدن فى الكمرات بعيدا عن الأعمدة وكذلك تجنـــب شـــروخ القـــص أو الانزلاق للأسياخ للكمرات وذلك حتى لا تؤثر على السلامة الإنشائية للمبنى كمـــا يجب الاهتمام بتفاصيل الوصلات و ذلك حتى تكون للعناصر الخرسانية المســلحة قابلية لمقاومة تغييرات كبيرة لدنة و معكوسة. حيـــث يوضـــح شـــكل (٢-٨ أ) العلاقة بين العزوم و الدوران التى تحكمها الانثناء و هو المطلوب فى التصـــميم حيث يسمح بتصرفـ عالى للطاقة و ليس كما بالشكل (٢- ٨ ب) و الذى يتضح منه تاثير انهيار القص و لا يسمح بتسرب عالى للطاقة.

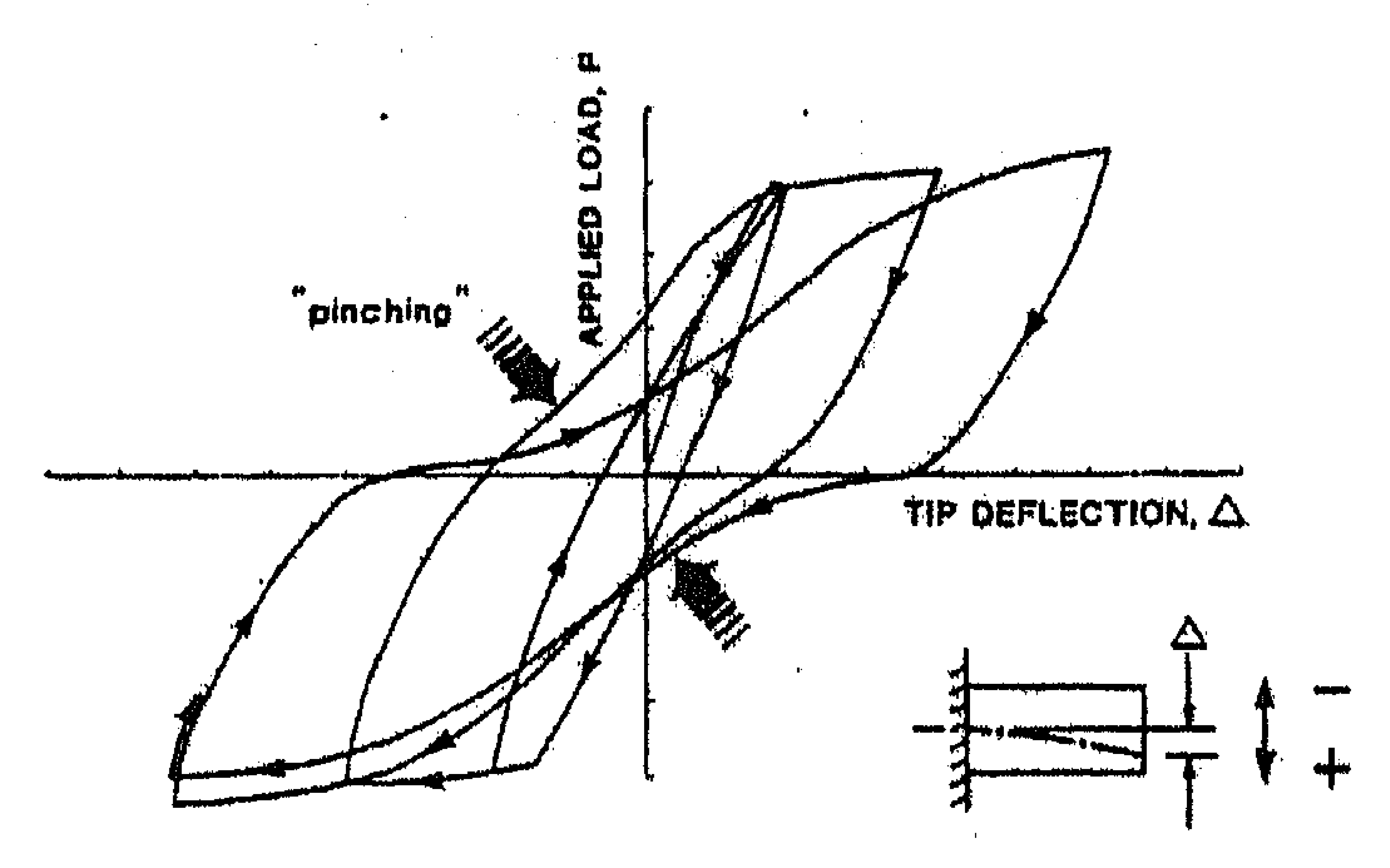


شكل(٢-٨) يوضح الحركة الترددية ا) منحنى يسمح بتسرب عالى للطاقة
ب) تسرب محدود للطاقة

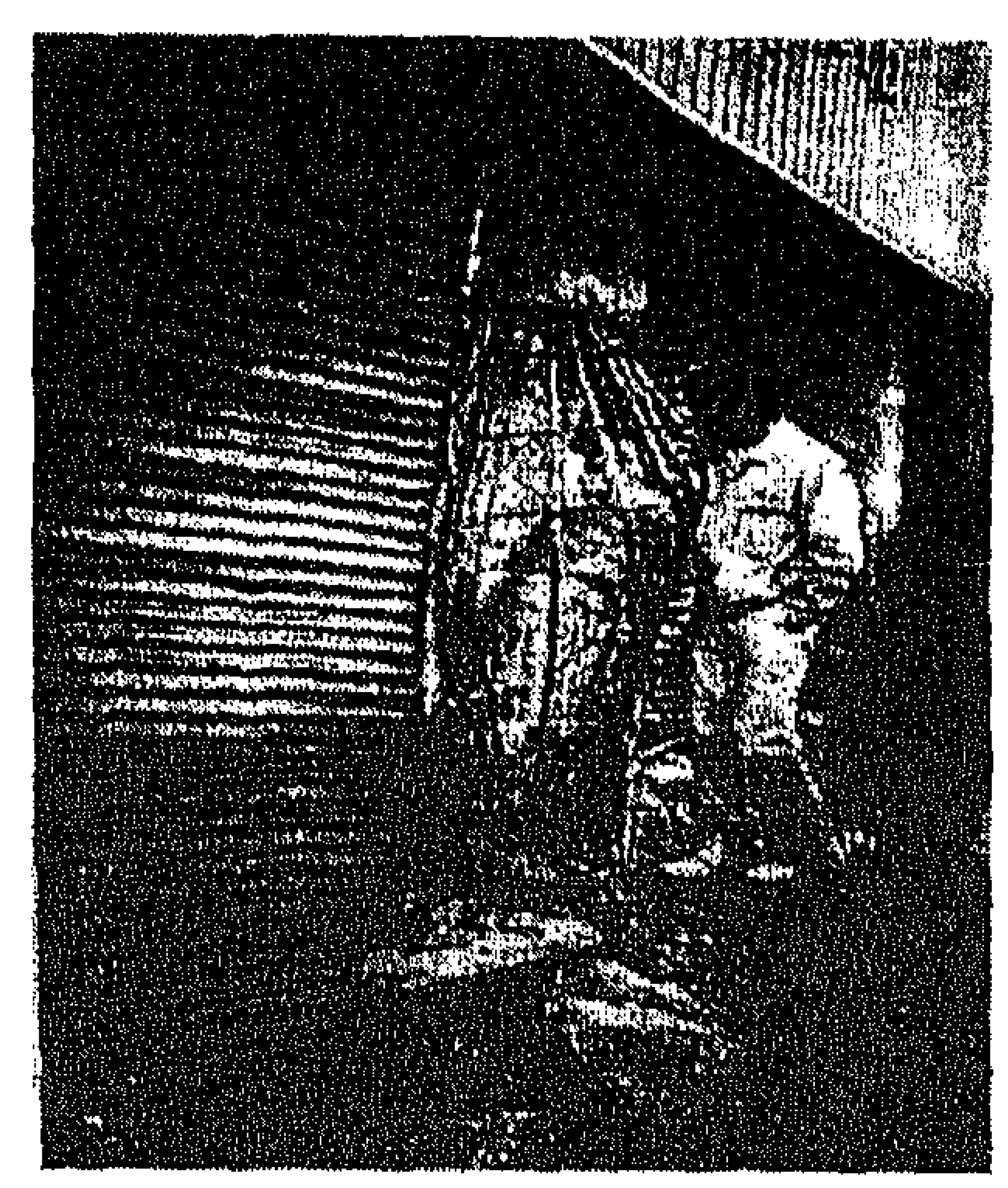
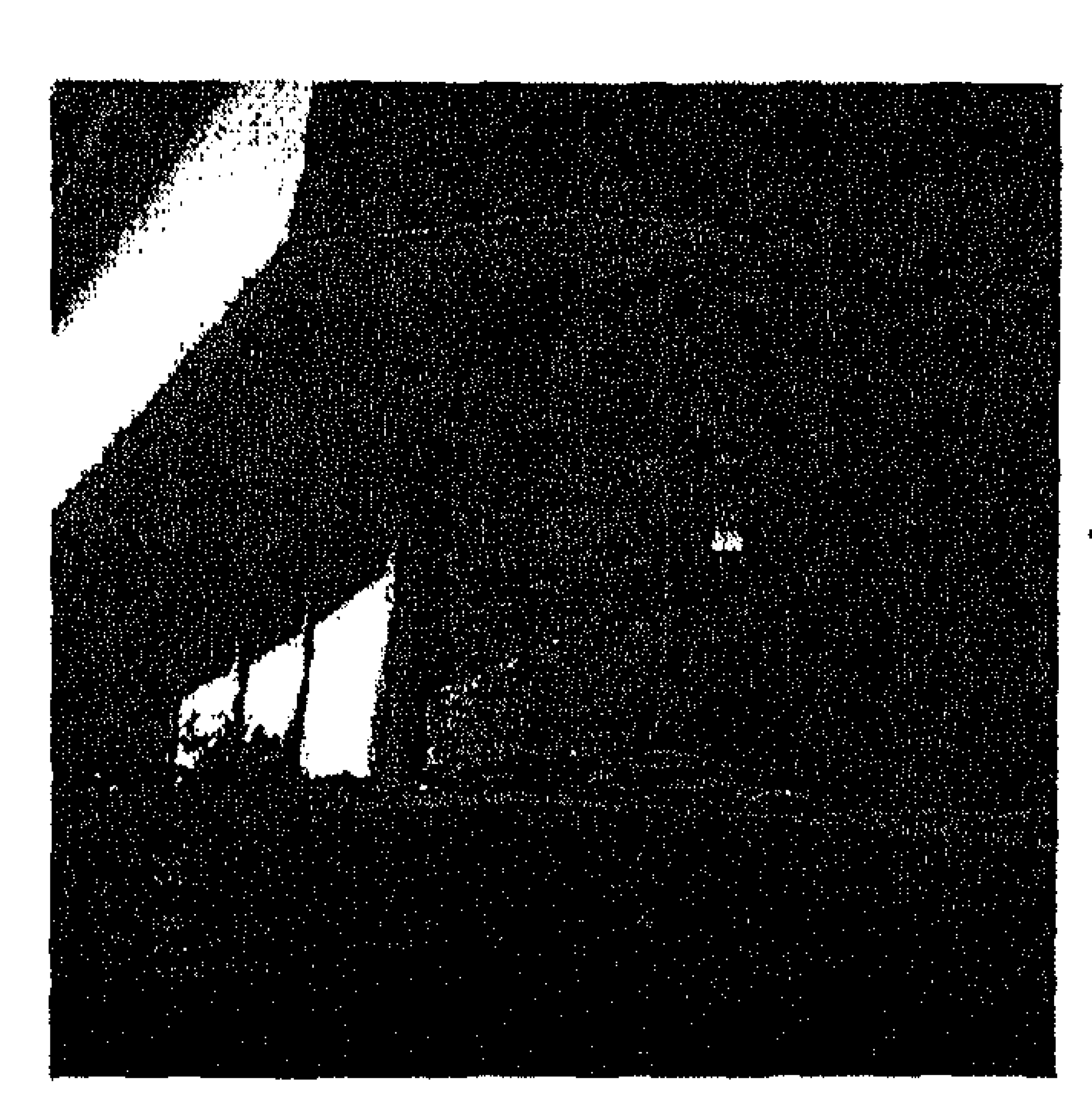
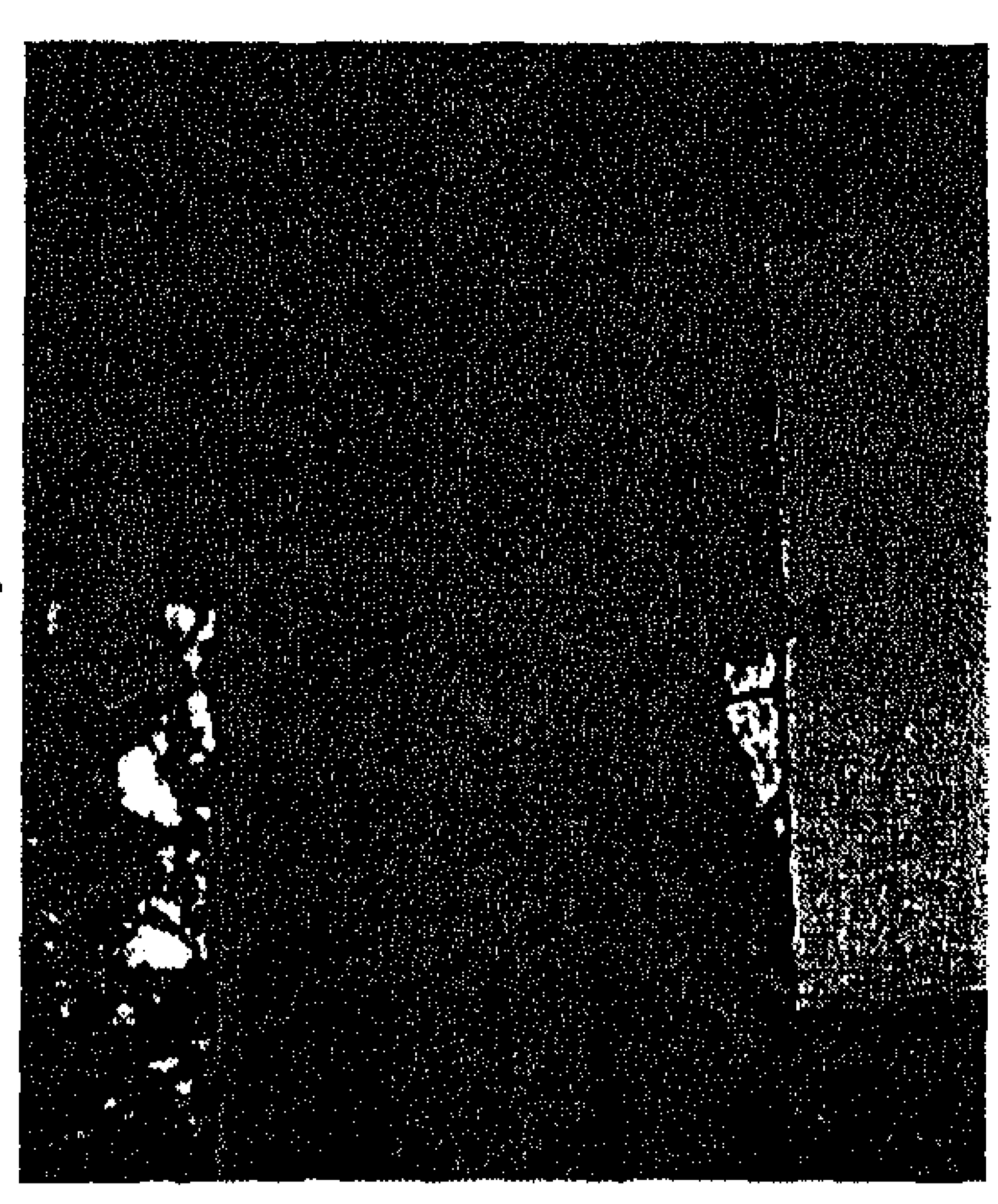
الأعمدة

الأعمدة هى أكثر العناصر التى تتعرض للانهيار عند حدوث الزلازل شكل (٢-٩) و لذلك فإن الطاقة الزلزالية التى تتسرب أثناء التشكلات الغير مرنة للكمرات تحمى الأعمدة من الإنهيار (فى حالة حركة الأرض القوية) و لذلك يجب التصميم على اساس الأعمدة القوية و الكمرات الضعيفة وذلك بأنه تكون مجموع العزوم القصوى للاعمدة عند الوصلة تحت الأحمال الرأسية تكون اكبر ب ١.٢ من مجموع العزوم القصوى للكمرات عند نهاية الوصلة فى نفس الإتجاة و وجود الكانات فى الأعمدة يزيد مقاومة القص و الممطولية وتزيد من مقاومة الأعمدة للأحمال الأفقية

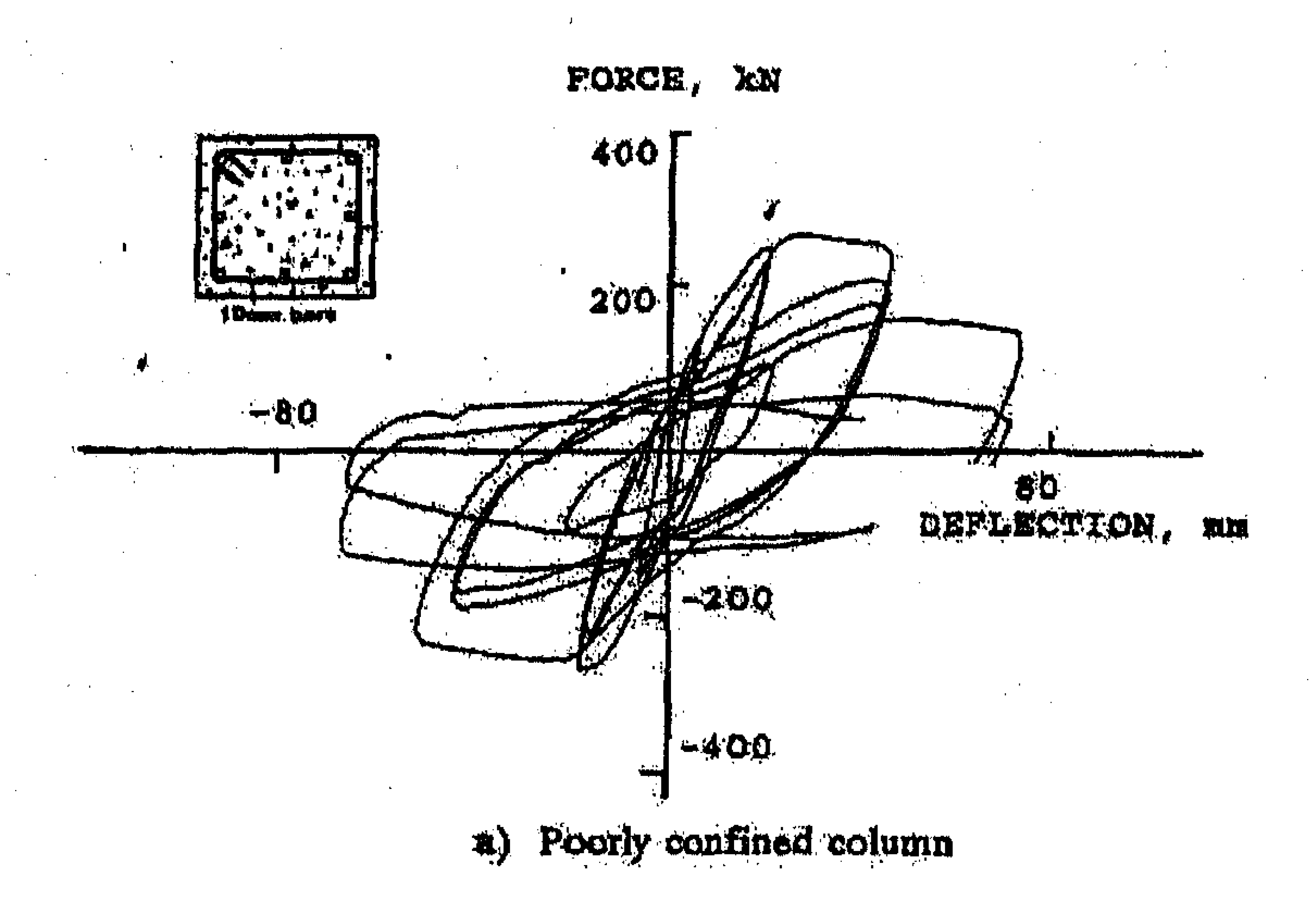
الترددية، شكل (٢-١٠) ، كما إن زيادتها عند الأطراف تمنع الإنهيار المحتمـل حدوثه فى الأطراف كما يجب استمرارها داخل الوصلات.



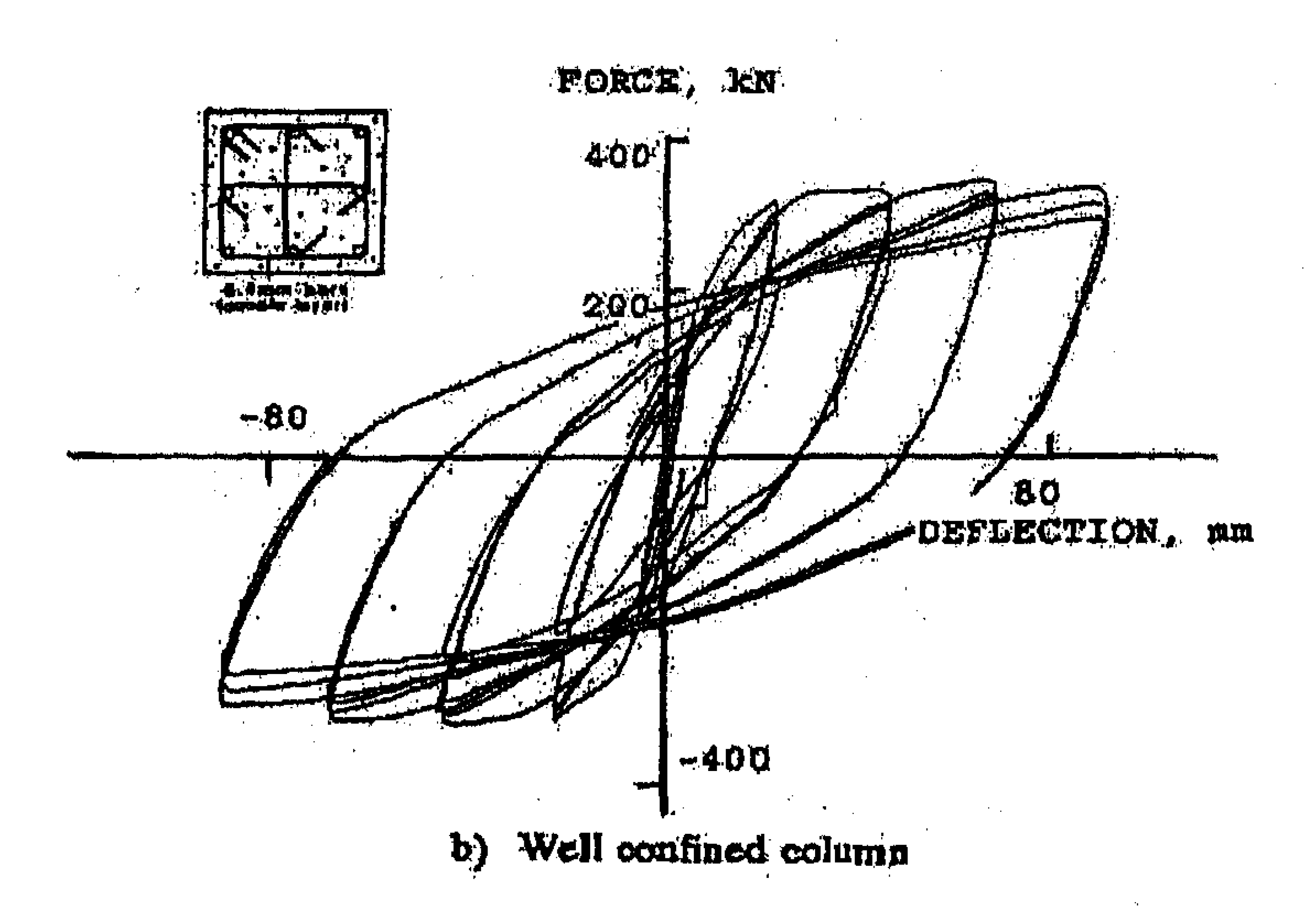


شكل (٢-٩) انهيار بعض الاعمدة نتيجة الزلازل.



a) Poorly confined column

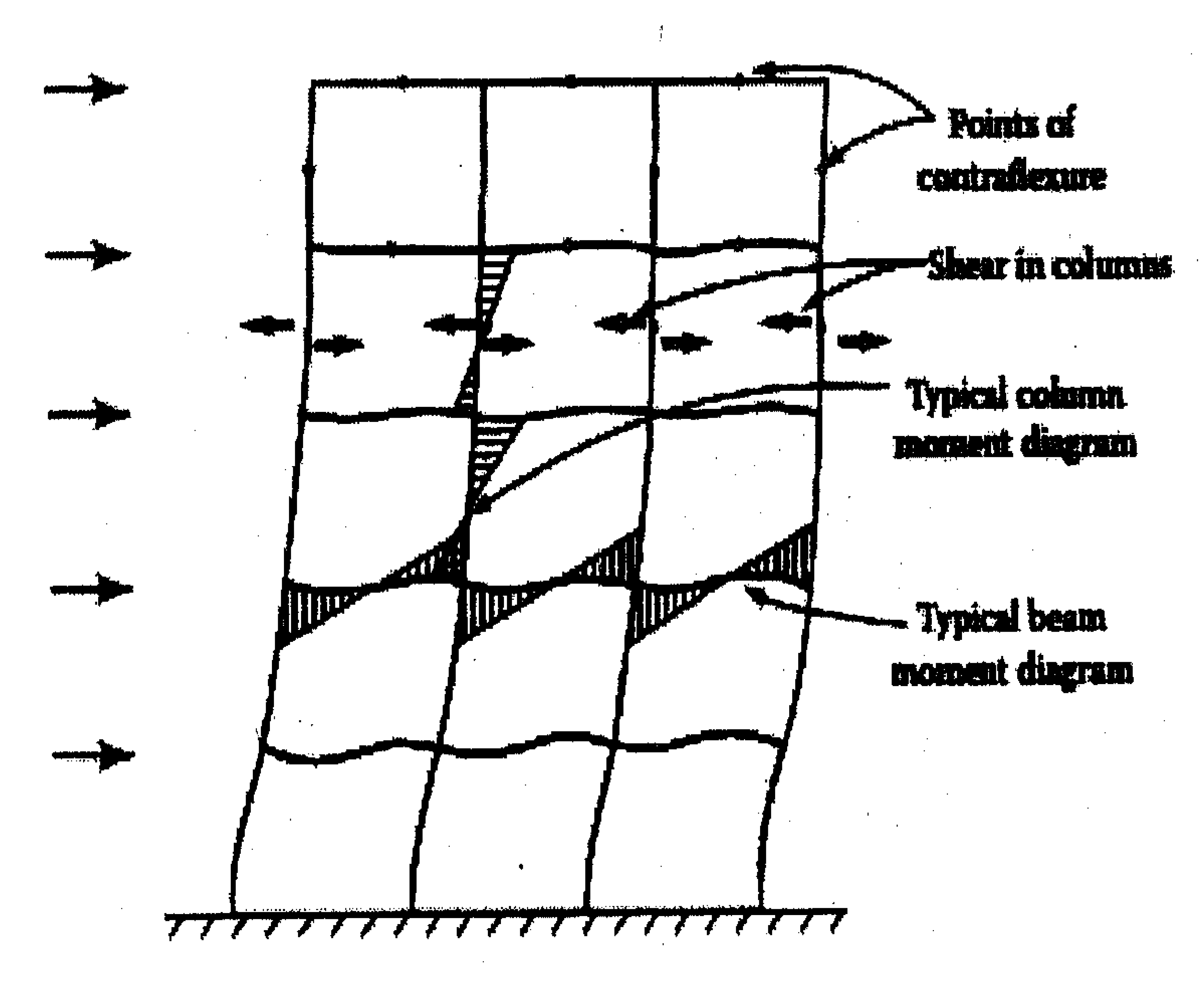


b) Well confined column

Fig. 2-10 Effect of column confinement on Hysteretic response

الكمرات

إن الكمرات من العناصر الحرجة أثناء الزلزال نظرا لان منطقة الكمرات بجوار الأعمدة و المعرضة أثناء الزلزال لاحمال متكررة و تشكلات لدنة، لذلك من المفضل أن يتم تصميم الكمرات ضد الزلازل على أساس ان يكون الأنهيار نتيجة العزوم و ليس القص أو انزلاق الاسياخ لما تسببه من انهيار قصف و لذلك يجب الأهتمام بالكانات و ذلك لتحزيم قطاع الكمرة و لمنع الحديذ الطولى فى الكمرات و المعرض للضغط من الإنبعاج و لمقاومة قوى القص. كما يجب أن يتحرك مكان نقطة الضعف من جوار العمود مباشرة و ذلك بأن يكون الحديد العلوى و السفلى يساوى ٣/٢ من الحديد عند وجة العمود.



شكل (٢- ١١) العزوم المتولدة الكمرات نتيجة الزلازل

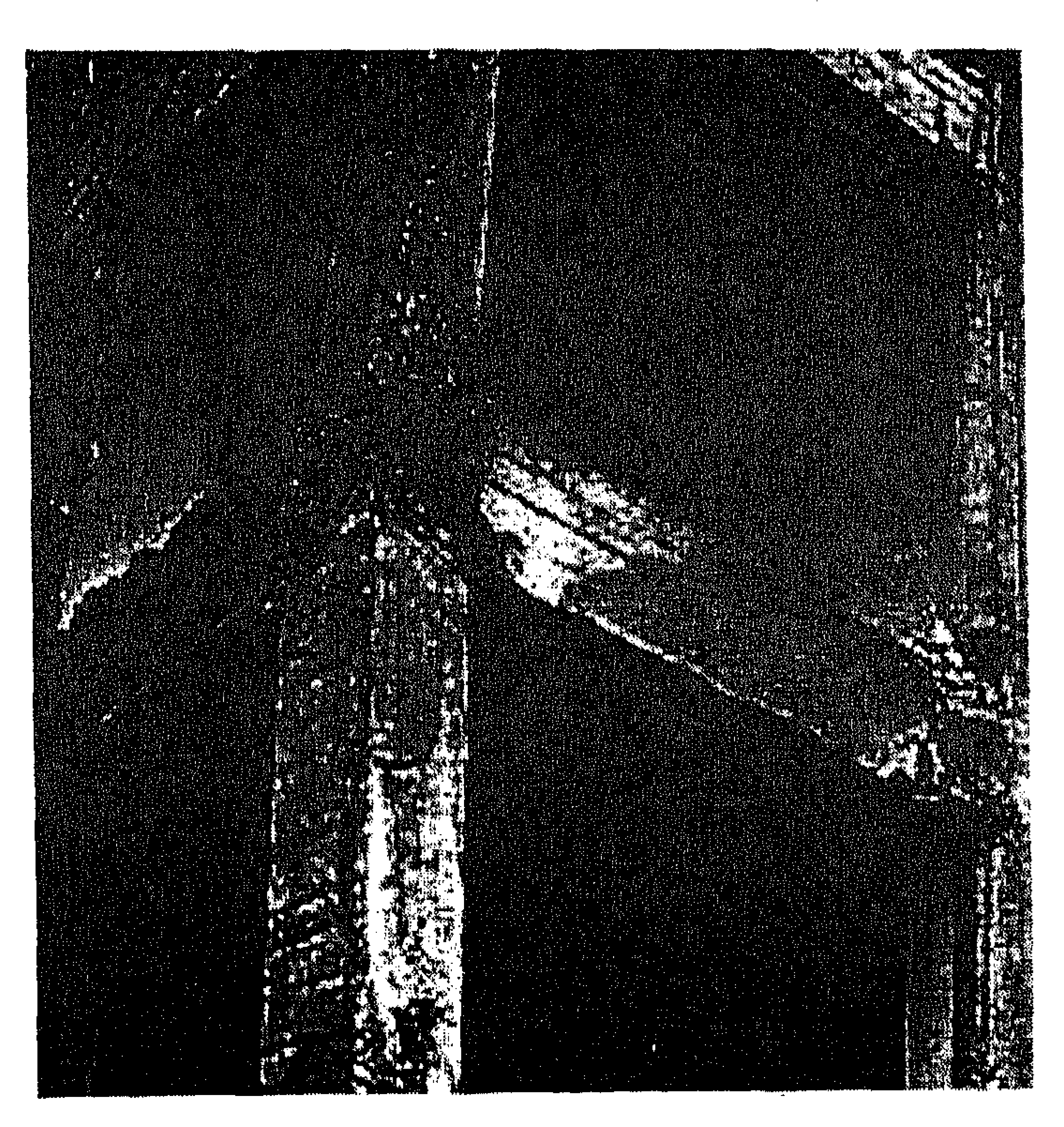


Figure 2-12 Damage to a nonductile reinforced concrete beam

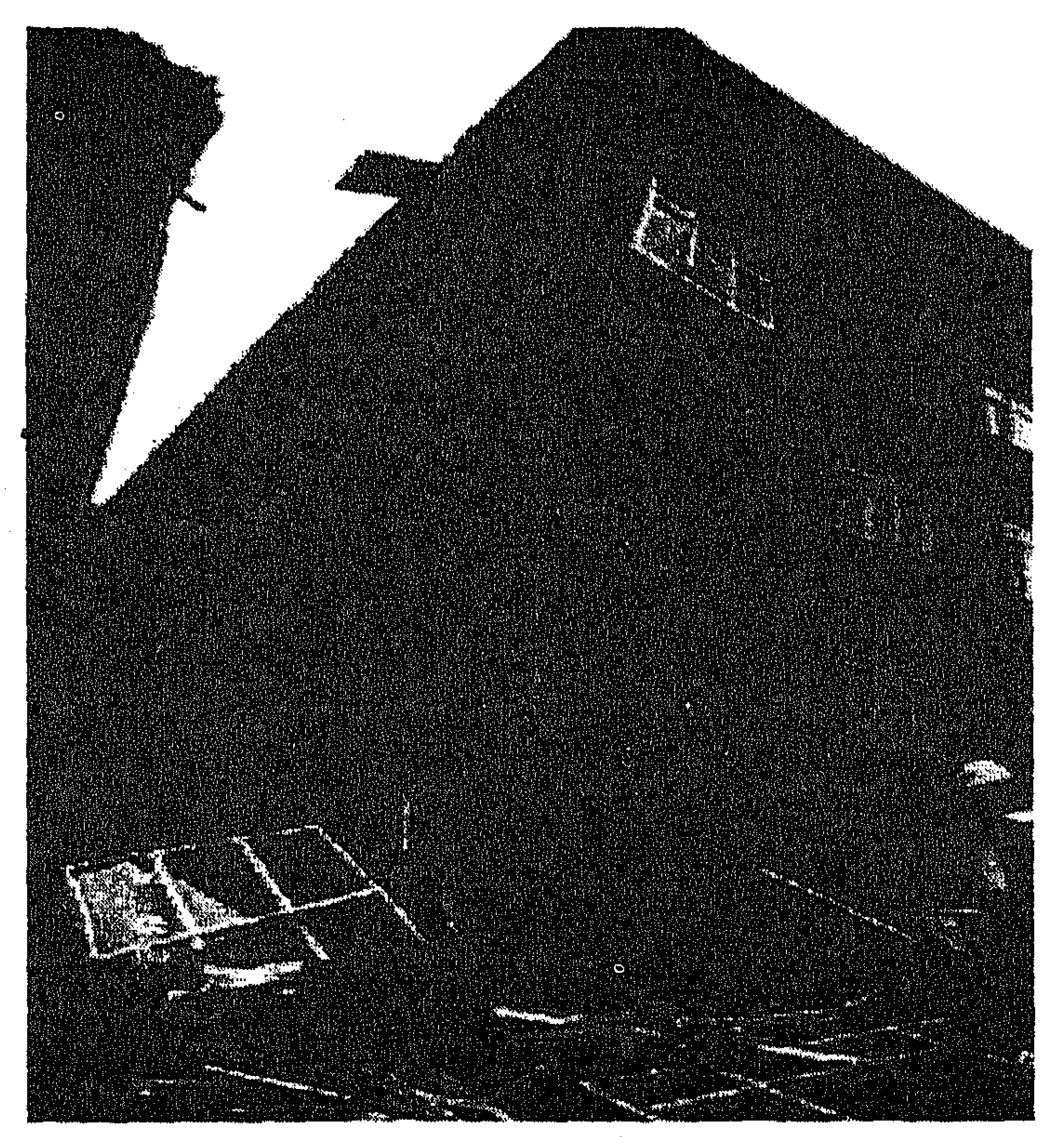
الوصلات

يجب أن تكون تفاصيل الوصلات قادرة على ربط الأعمدة و الكمرات و على حفظ المتانة والجساءة عندما تتحرك حركات لدنة حيث أن فقد المتانة للوصلات من الحركات الترددية أثناء الزلزال ممكن أن يؤدى إلى زيادة الإزاحة العرضية مما يؤثر على أتزان المبنى لتأثير $\Delta - P$ و لتجنب الإنهيار الفجائى و لمنع شروخ الوصلات فيفضل استمرار كانات الأعمدة و تكثيفها فى الوصلة و استخدام الحديد العلوى و السفلى فى أطراف الكمرات متساوى تقريبا و باقطار صغيرة حتى يكون طول الرباط للشد صغير وإنهاء هذا الحديد على شكل خطاف قياسي داخل الأعمدة

الخارجية. كما أن الأبحاث اثبتت أن مساحة المقطع الأفقى للوصلة أهم عامل فى مقاومة القص للوصلة. كما يجب استمرار الحديد العلوي للبلاطات والأعصاب عبر الكمرات المحيطة بها أو إنهاؤه بشكل متشابك مع هذه الكمرات و كذلك العناية بتسليح القص في الكمرات والأعمدة في المناطق القريبة من اتصال الكمرات مع الأعمدة وكذلك في رقاب الأعمدة.



شكل (٢-١٣) انهيار الوصلة



شكل (٢-١٤) انهيار المنشأ نتيجة انهيار الوصلات

الحوائط الخرسانية

تلاحظ فى الزلازل الأخيرة قلة الشروخ فى الحوائط الغير إنشائية فى المبانى المدعمة بحوائط القص حيث يعتبر وجود حوائط القص فى المبانى طريقة اقتصادية و فعالة لمقاومة الإزاحات النسبية بين الأدوار عند حدوث الزلازل و بالتالى تقليل الشروخ الممكن حدوثها نتيجة الحركة النسبية.

و يعتبر النظام الانشائى المقاوم للزلازل و المكون من الاطارات و حوائط القص من النظم الفعالة لمقاومة الزلازل حيث تعتبر الكمرات فى الاطارات اماكن لتسرب الطاقة بالاضافة الى ان وجود الحوائط يقلل من الازاحات الحرجة فى المناسيب

السفلية من الاطارات. كما يمكن ربط الحوائط بكمرات قوية لزيادة فعالية مقاومة الحوائط.

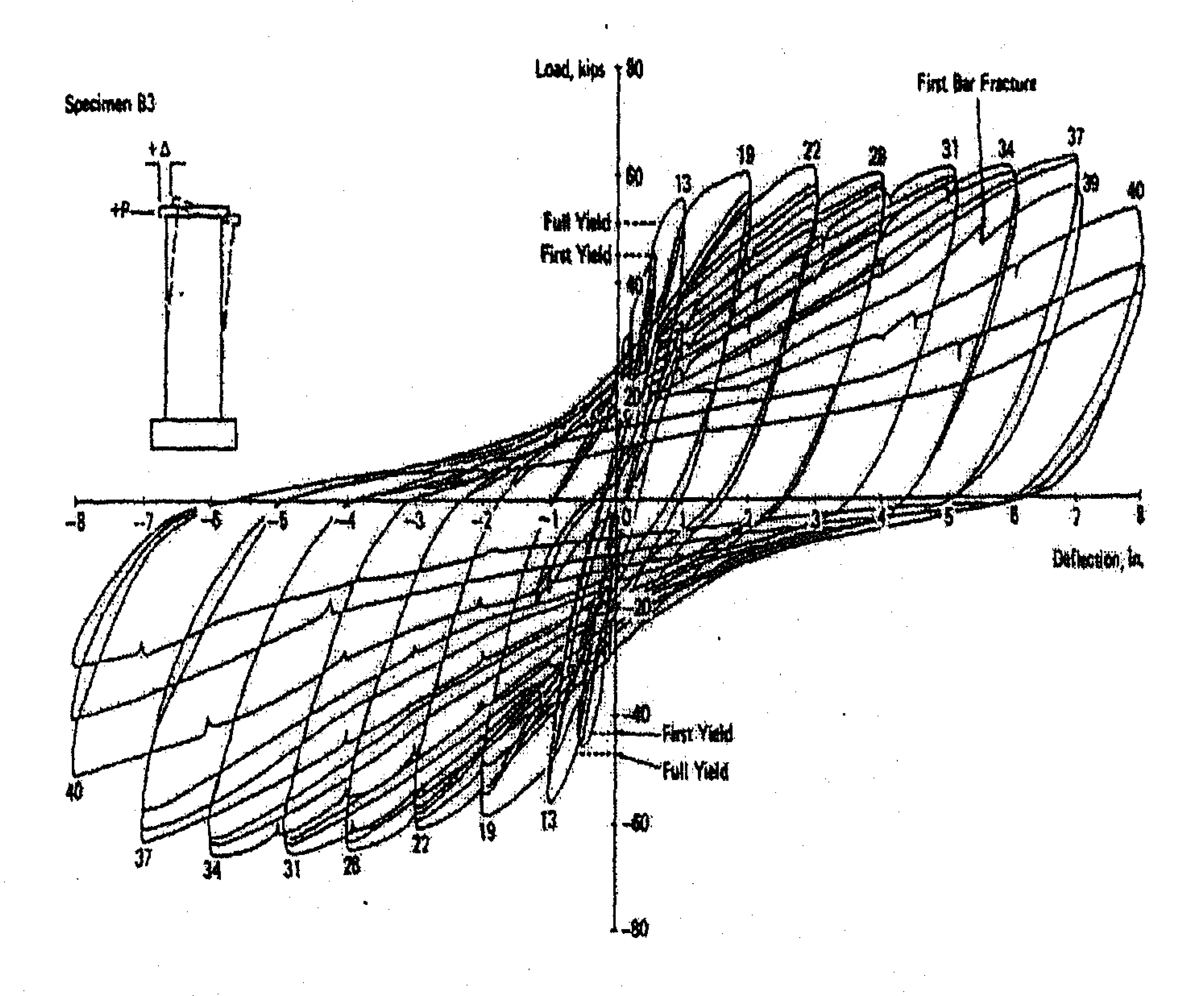


Fig. 2-15 Load-deflection relationship for wall subjected to load reversals

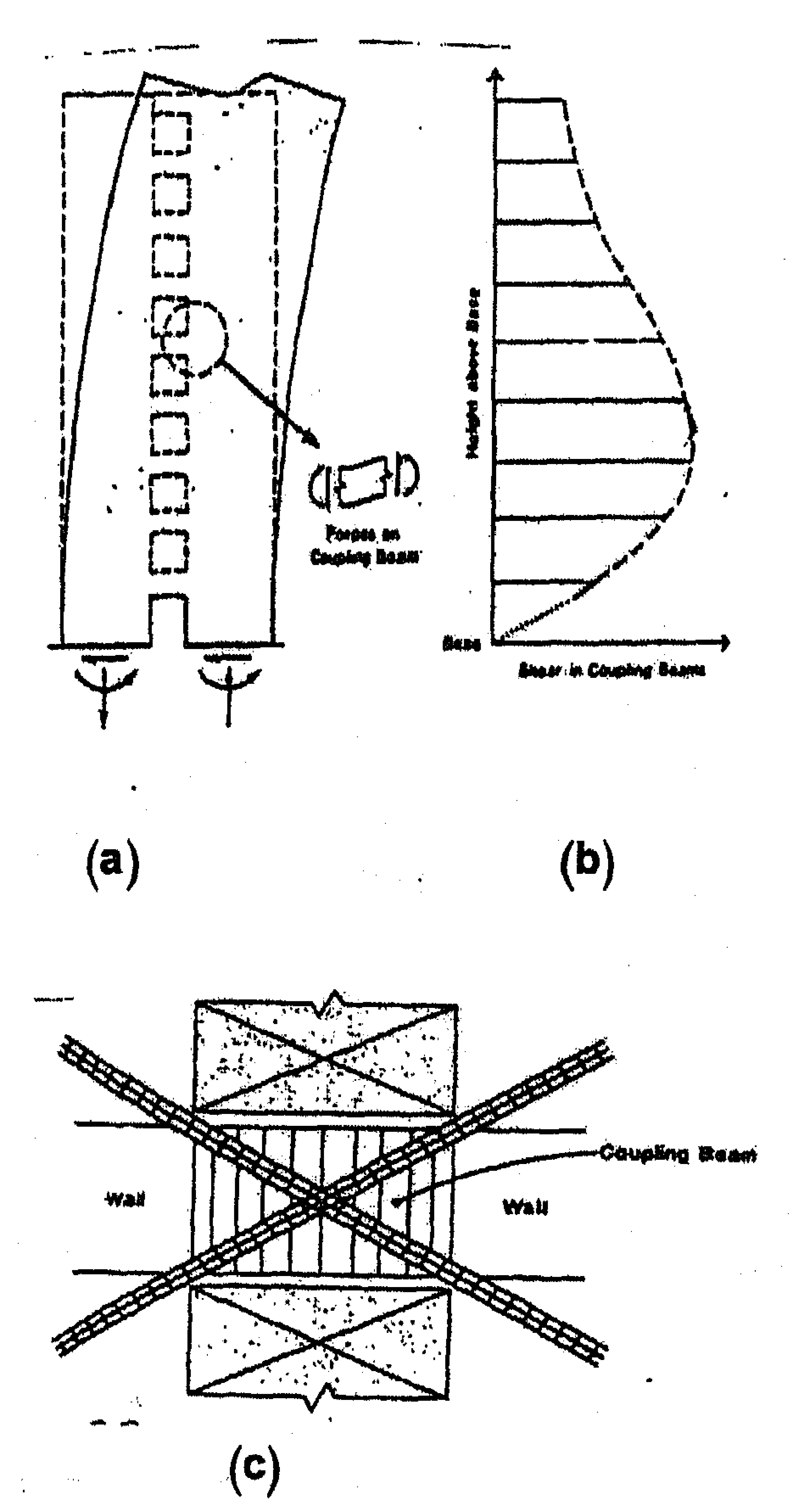
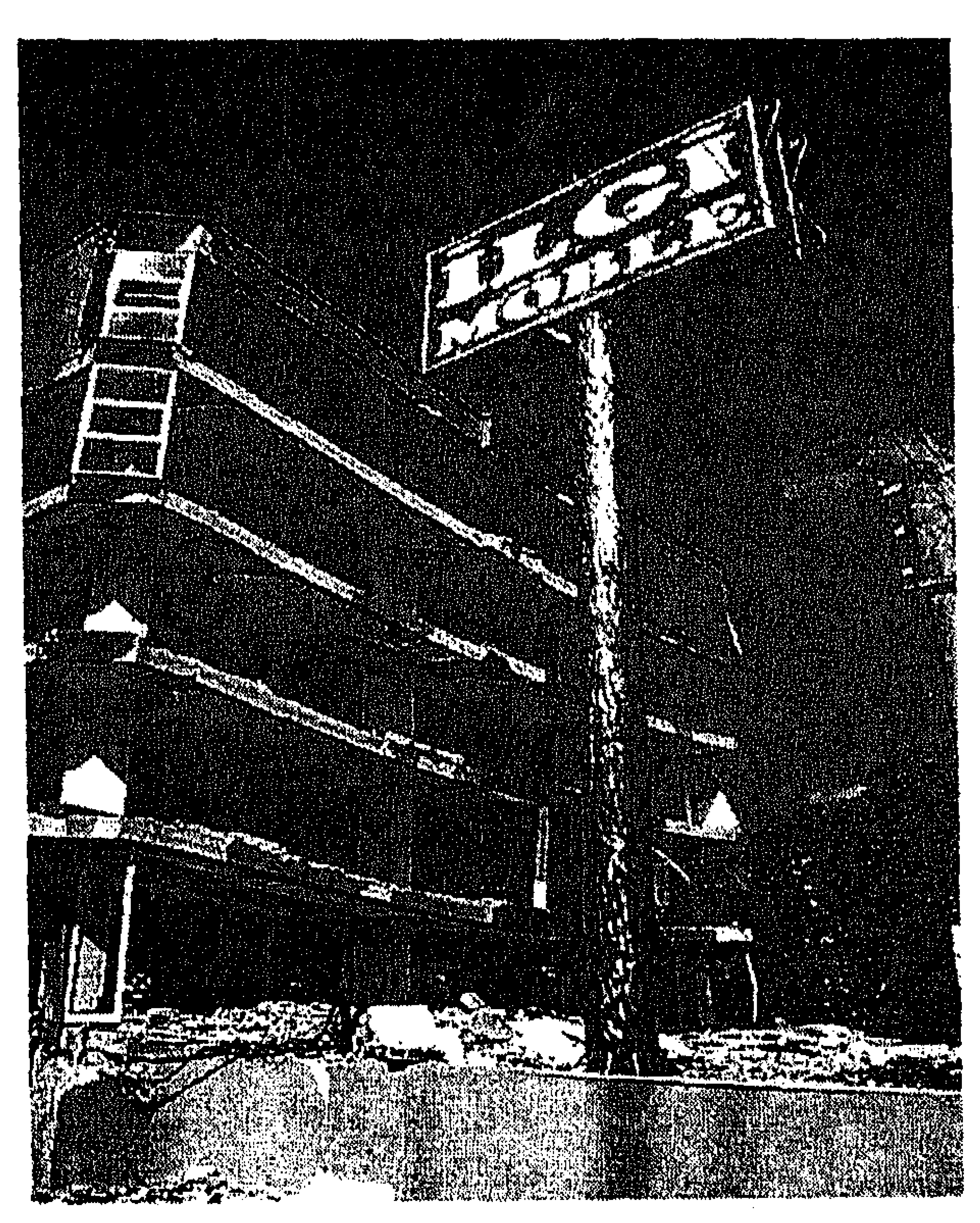


Fig.2.16 Laterally loaded coupled wall system a) Forces on walls at base. b) Typical distribution of shears in coupling beams over height of structure c) Diagonally reinforced coupling beam

البلاطات المسطحة

فى المناطق الزلزالية تتعرض المبانى المكونة من بلاطات مسطحة و أعمدة لازاحات كبيرة لذلك من الضرورى تصميم وصلات البلاطات بالأعمدة بمقاومة و ممطولية كافية لتجنب انهيار القص ولتقليل احتمالية انهيار البلاطات نتيجة الاختراق عند حدوث الزلازل.

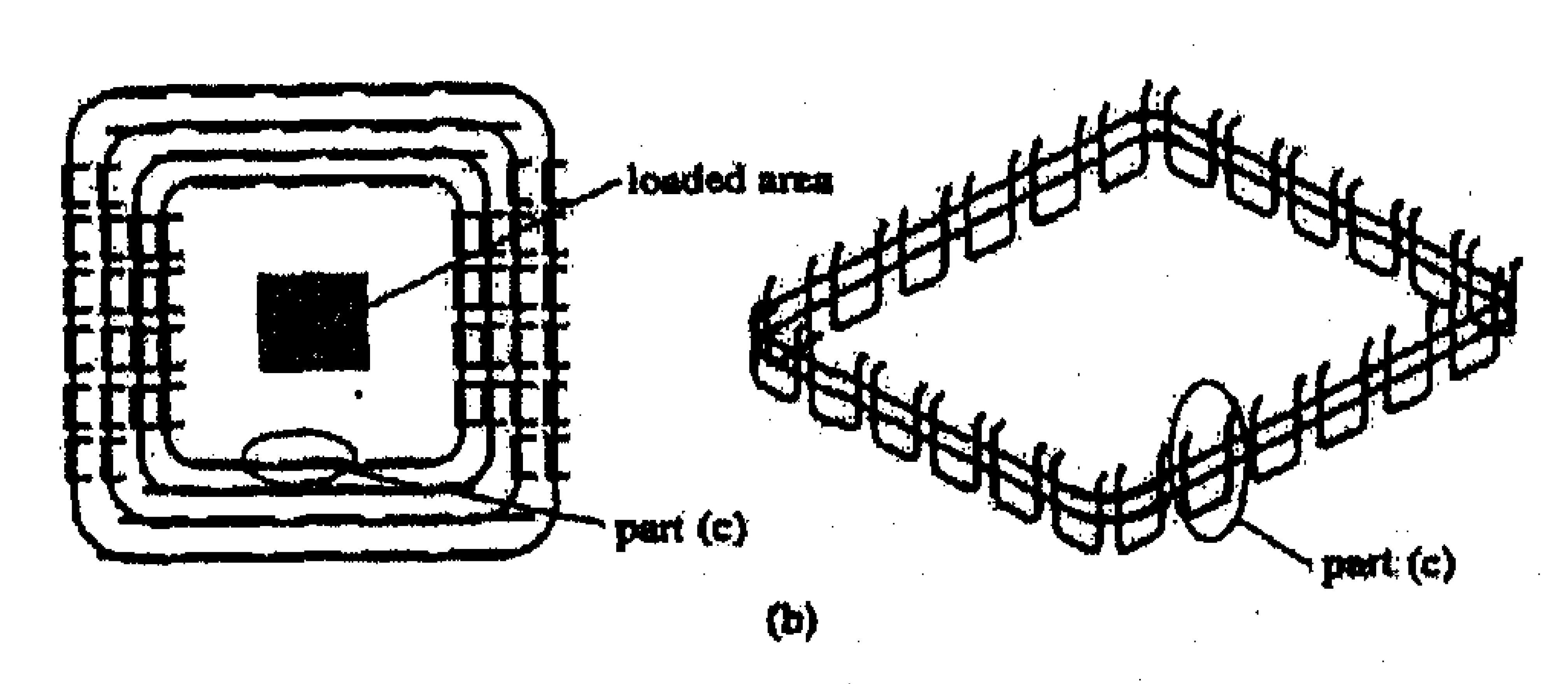


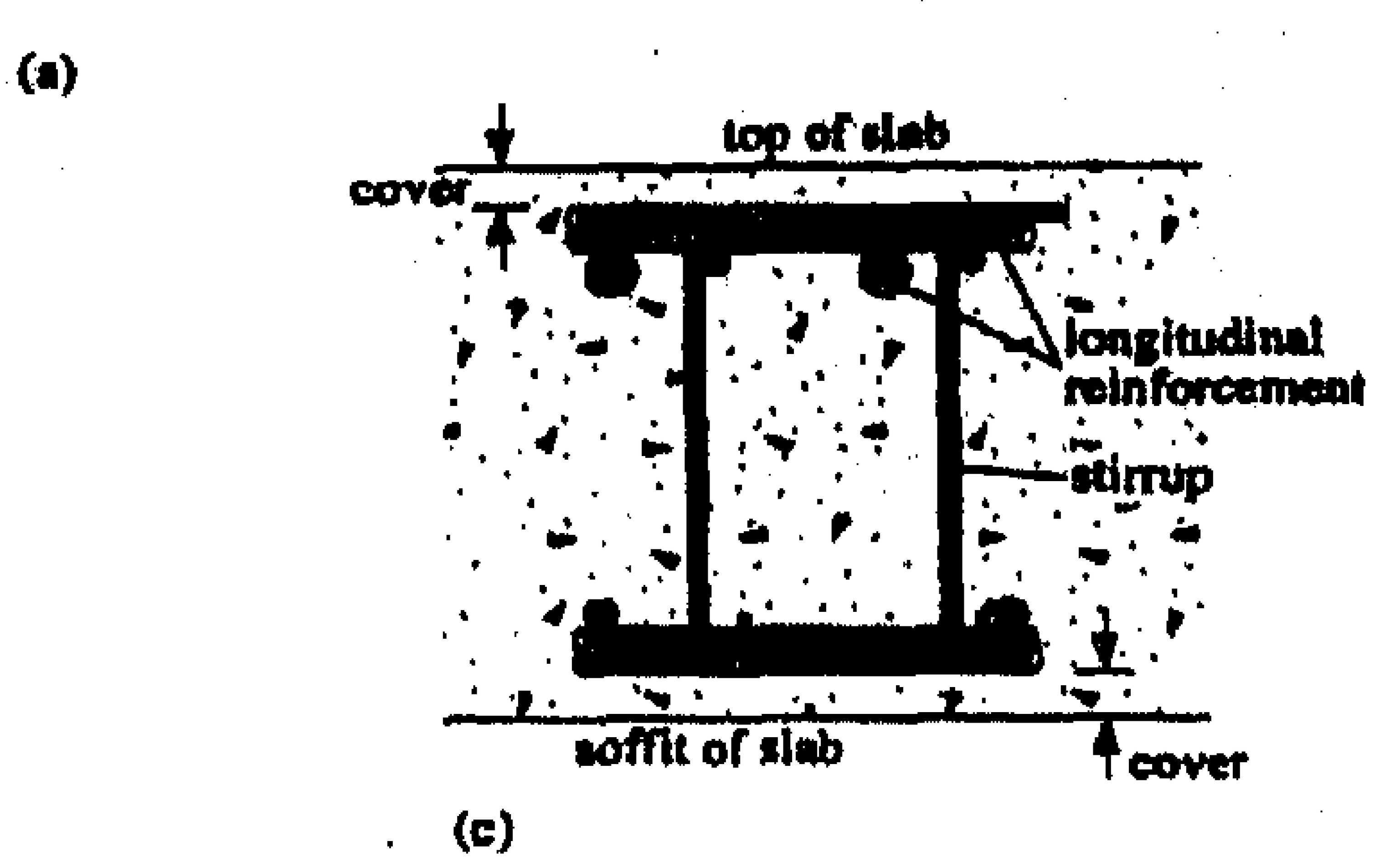
شكل (٢-١٧) شروخ البلاطات فى مبنى بلاطات مسطحة

كما يمكن زيادة مقاومة البلاطات للاختراق عن طريق وضع حديد لمقاومة قوى القص كما بشكل (٢-١٨) حيث أثبتت الأبحاث أن وصلات البلاطة و الأعمدة المعرضة لأحمال مترددة تزيد الممطولية لها زيادة ملحوظة باستخدام كانات و حديد حول الأعمدة و لكن مع السمك الصغير فيكون من الصعب استخدام الكانات و لكن يمكن استخدام

(shear studs) و ذلك بوضع حديد رأسى بتدعيم سفلى مثبت على الواح دائرية ملحومة ، شكل (٢-١٩).

كما أوضحت الأبحاث أن وجود كانات معرجة (شكل (٢-٢٠)) تعطى ممطولية أفضل و سعة إزاحية أعلى من الكانات العادية و هو ممكن استعماله فى مصر بسهولة حيث يمكن استبداله بدلا من الكراسى التى تحفظ الحديد العلوى فى مكانة و يُوضع حول الأعمدة و حول حوائط القص عند اتصالها مع البلاطة المسطحة. كما يراعى عند تصميم البلاطة لمقاومة الأحمال الجانبية للمبانى ذات البلاطات المسطحة أن عرض البلاطة المقاوم لأحمال الزلازل هو (عرض العمود + ٣ مرات عمق البلاطات المسطحة) و مع زيادة عدد الأدوار يجب الاعتماد على حوائط القص لمقاومة الأحمال الأفقية.





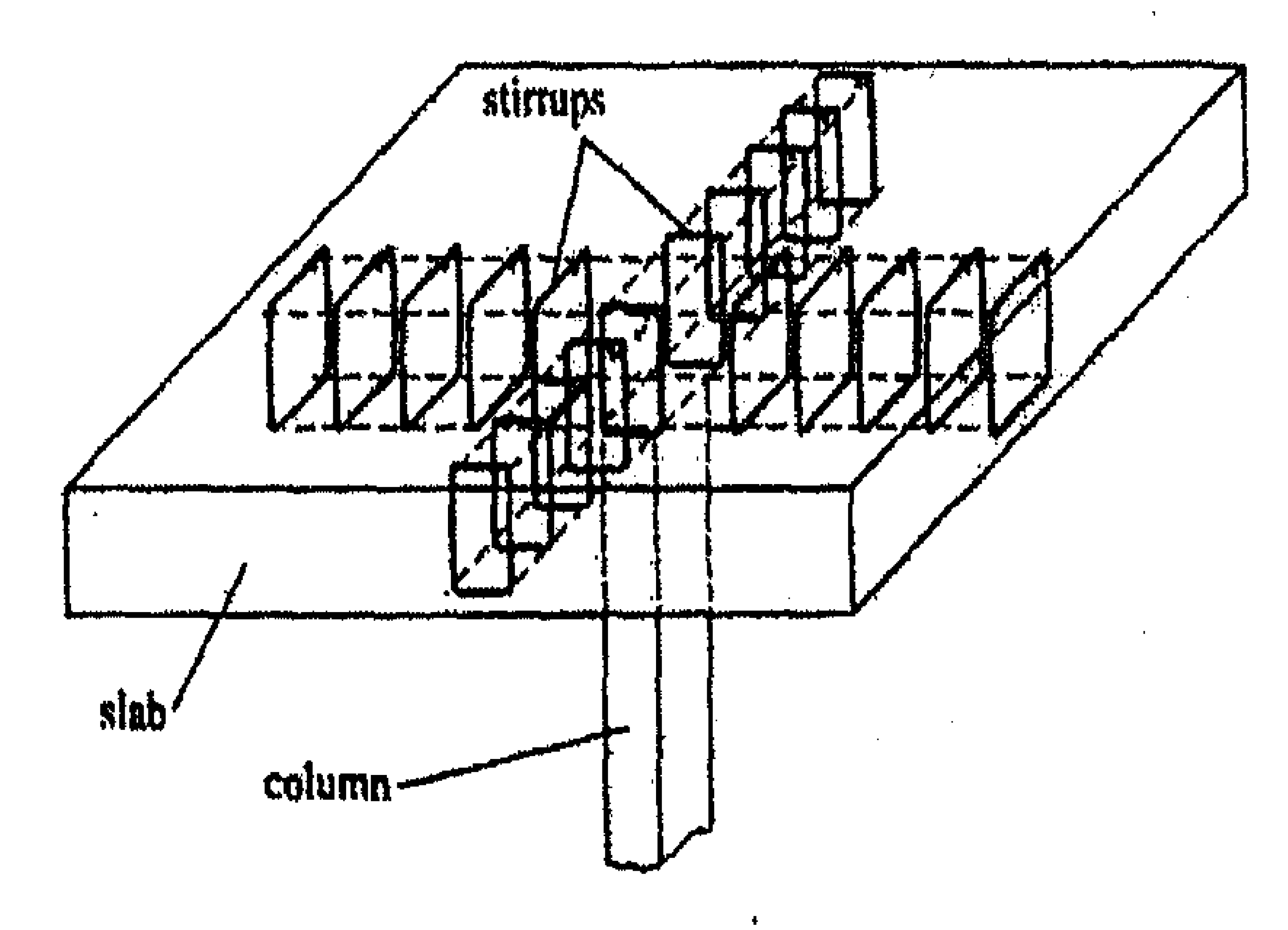


Fig. 2-18 Types of Shear reinforcement

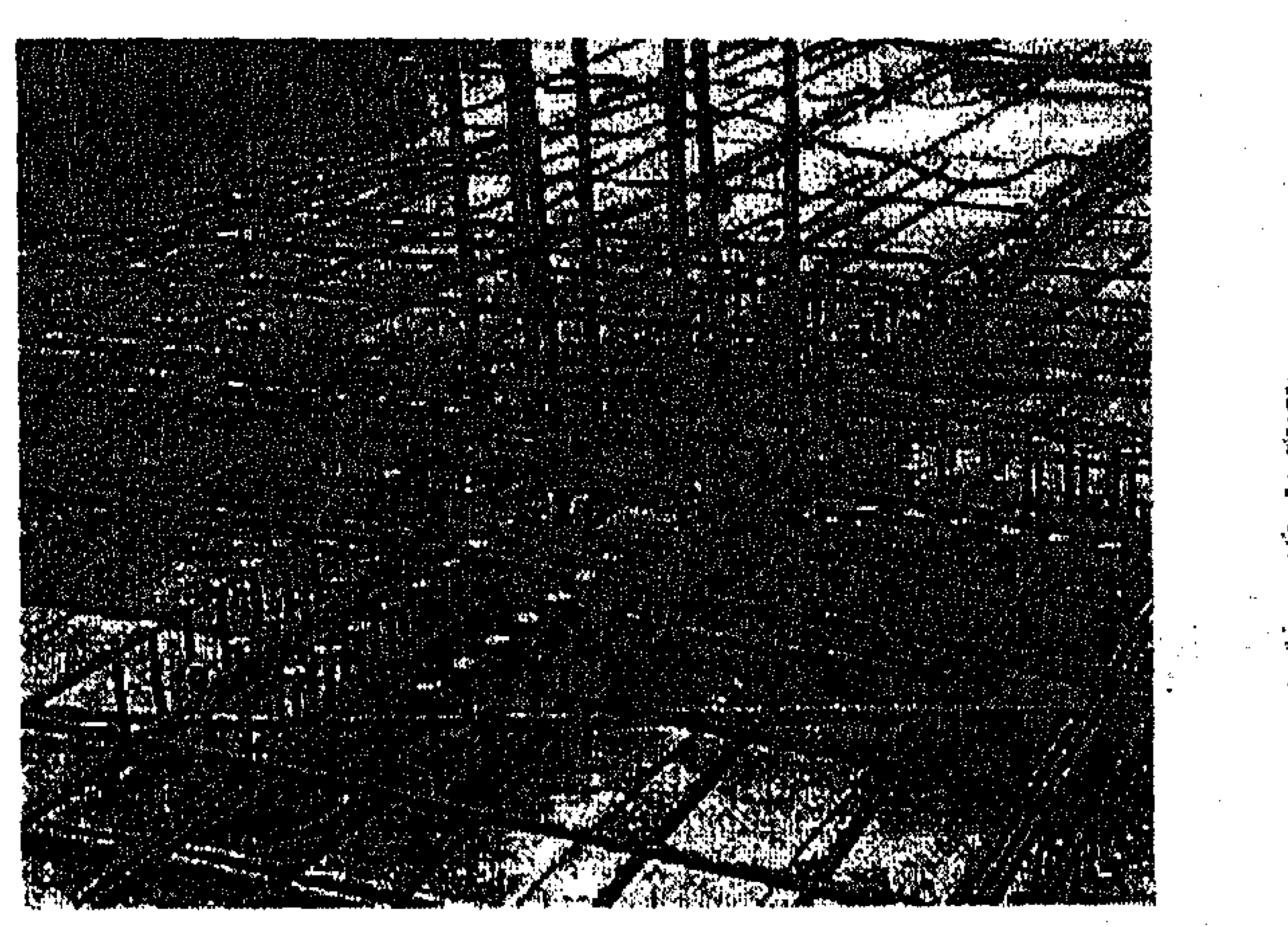




Fig. 2-19 Shear studs in place around a columns

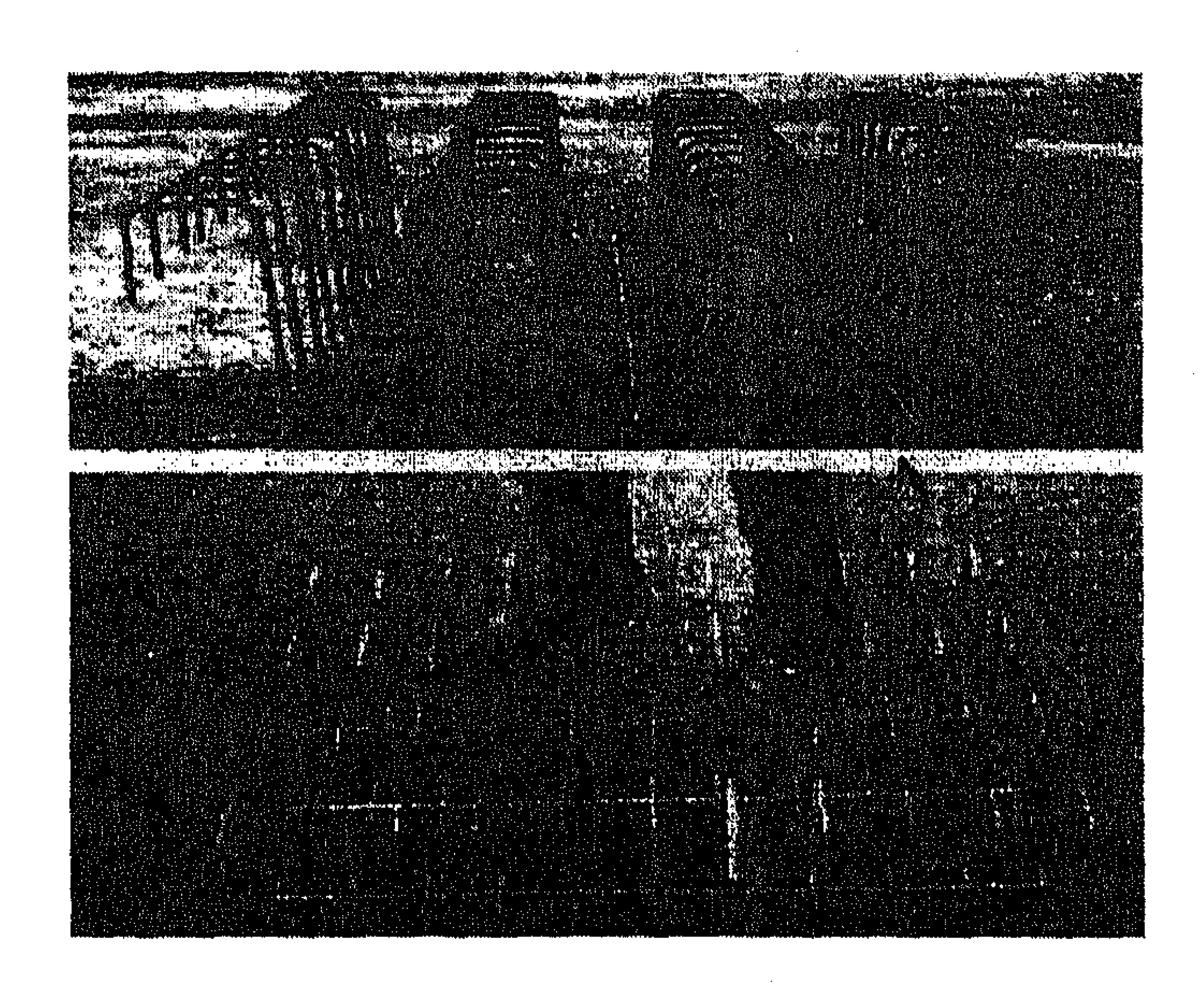


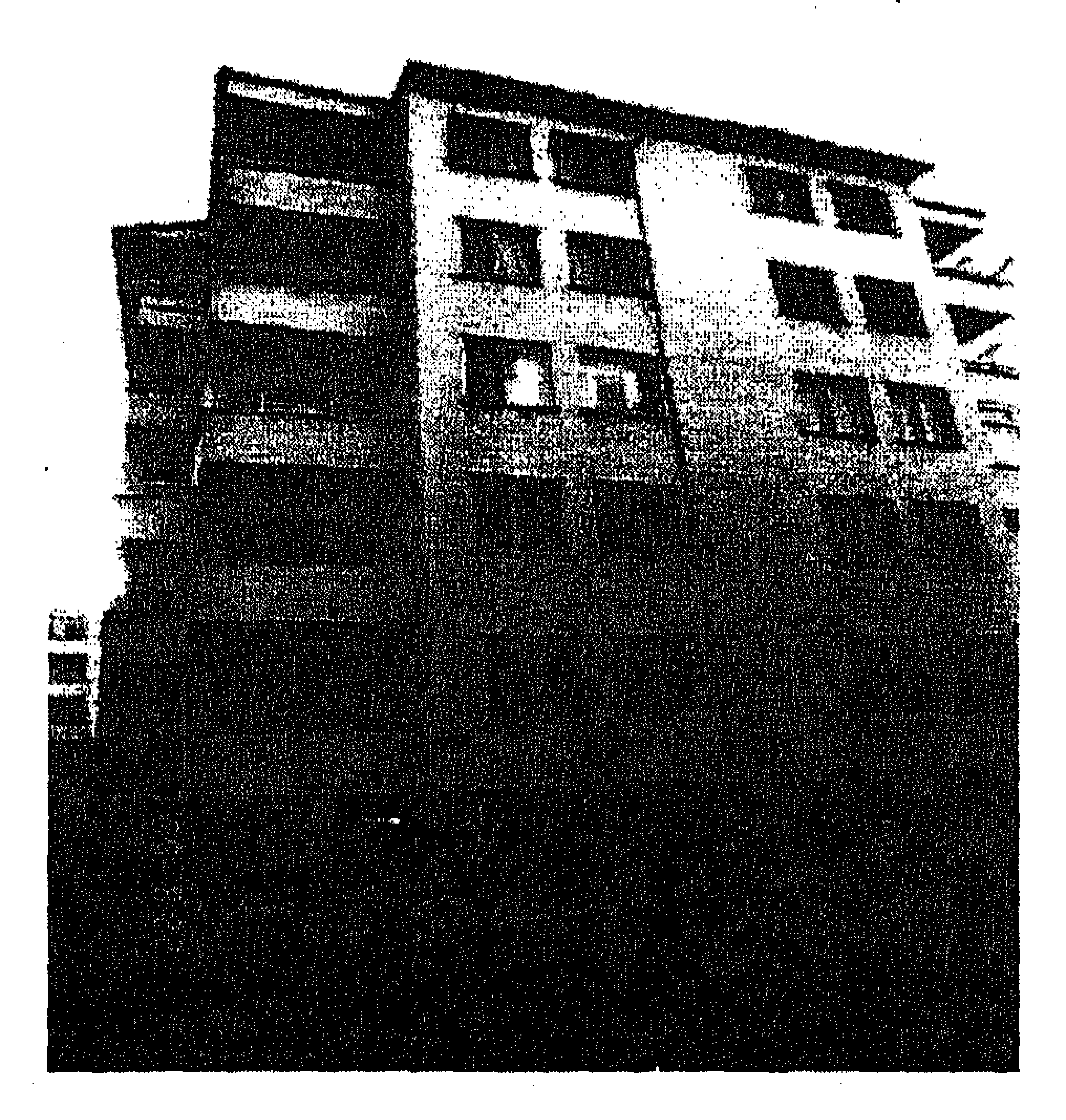
Fig. 2-20 Stable and easy-to-handle prefabricated stirrup unit.

حوائط الطوب المالئة للإطارات

فى حالة المبانى الطوب فى المبانى الهيكلية فإنها تعتبر كمادة مالئة و كعازل صوتى و كفواصل بين الغرف كهدف معمارى و لكن نادرا ما تستخدم الحوائط لتحسين الكفاءة الإنشائية للمبنى وغير إنشائية و لكن نظرا لتحرك الاطارات أفقيا فأن المبانى تقاوم هذة الحركة ويعتبر ظهور الشروخ فى هذه المبانى بعد الزلازل دليل على أن المبانى تعرضت لقوى لم تتحملها فحدثت الشروخ. و من الخصائص المهمة للطوب فى مقاومة الزلازل هى الإخماد و تصريف الطاقة من الحركة الأرضية عندما تتشرخ الطوب. و قد اثبتت الدراسات أنه كلما كانت قطاعات الأعمدة والكمرات صغيرة و المبنى منخفض الارتفاع فأن وجود الحوائط يحمى هذه المبانى ضد الزلزال وخصوصا فى حالة ربط المبانى جيدا مع الإطارات و

استخدام طوب مصمت ولكن مع ضعف حوائط الطوب و وجود فتحات بها وضعف ترابطها مع الإطارات فتقل مساهمتها فى مقاومة الزلازل.

و كثيراً ما يتم بناء جدران طوب في الطوابق العليا وقد لا تبنى مثل هذه الجدران في الدور الأرضي و هذا الوضع غير المقصود يزيد مقاومة وصلادة الطوابق العليا و تنشأ مشكلة بالطابق الأرضي حيث وجود حوائط بين أعمدة الدور الأرضى فإن جزء من القوى الزلزالية سوف يستنفذ فى التأثير على الحوائط (و هى ليست من العناصر الانشائية) و بالتالى يقل التأثير على الأعمدة.



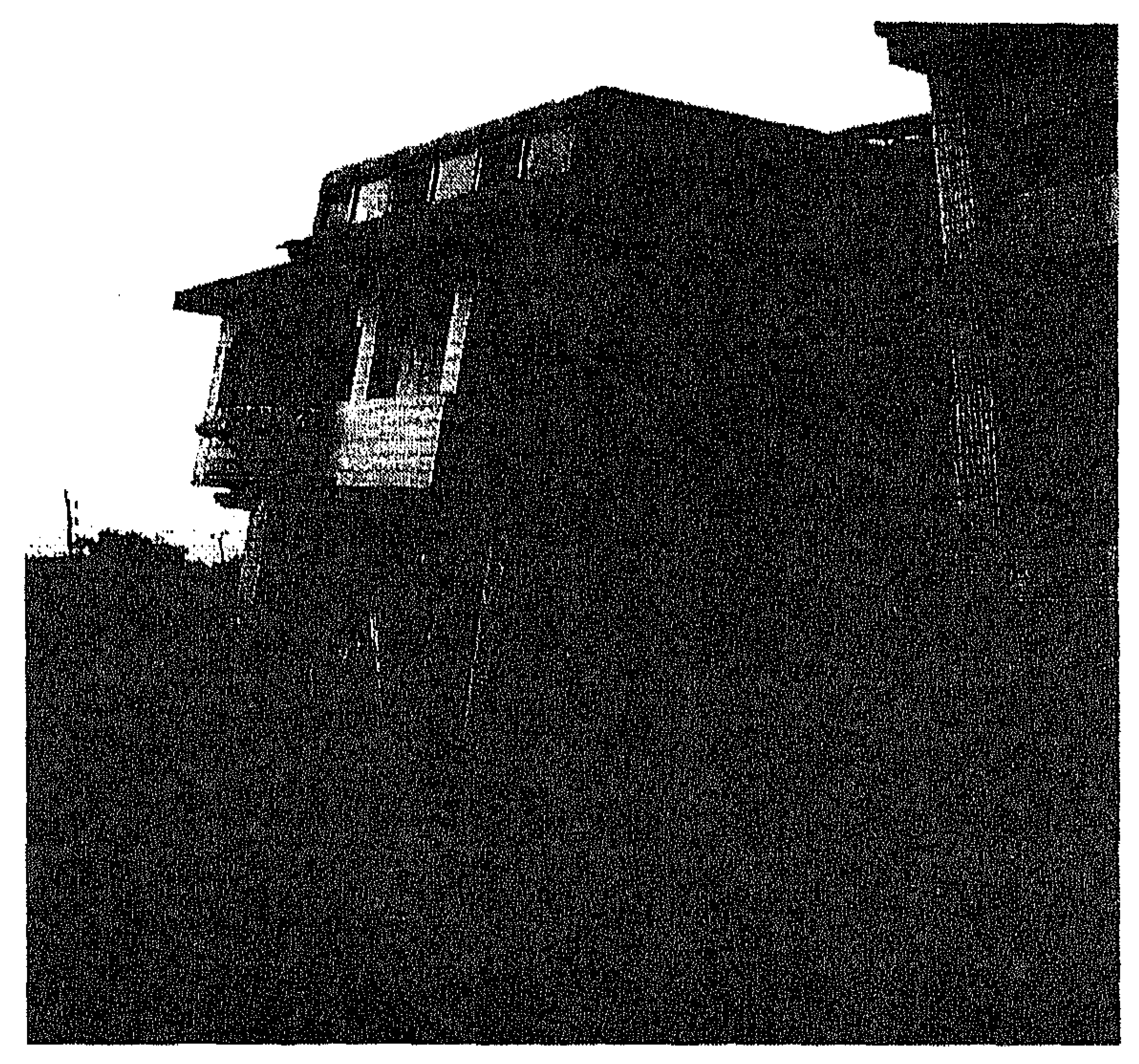
شكل (٢- ٢١) انهيار أعمدة الدور الأرضى لضعف الحوائط المالئة لهذا الدور

٢-٣ تأثير الزلازل على التربة و الاساسات

أثبتت الدراسات أن إنهيار المنشات اثناء الزلزال نتيجة للتربة يرجع إلى الهبوط و الهبوط المتفاوت بدرجة كبيرة نتيجة إنفعالات قص غير مقبولة.كما وجد أنه فى حالة التربة الرملية المشبعة السائبة او متوسطة الدمك يمكن أن تؤدى الهزات الأرضية إلى تناقص مقاومة القص و زيادة فى تشكل هذة التربة لدرجة حدوث كوارث عليها و هو ما يسمى بظاهرة التميع.

و تحدث ظاهرة التميع فى التربة الرملية المشبعة السائبة المشبعة (التى قد تكون مختلطة بطمى) او متوسطة، و السبب فى ذلك يرجع إلى تضاؤل حجم التربة عند تعرضها للزلازل، و يحدث ذلك فى فترة زمنية قصيرة مما يؤدى إلى زيادة ضغط الماء الموجود بالفراغات البينية للتربة حتى يصبح مساويا للضغط الفعال الناتج من أوزان التربة و بالتالى تفقد التربة الرملية مقاومتها لاجهادات القص تماما و تتحول إلى معلق لا يمكنة تحمل أى حمل. كما تلاحظ أن زيادة الضغط الإبتدائى المحيط المؤثر يقلل من التسيل و لكن الرمل الناعم و السائب و غير جيد التدرج لها فرصة أكبر للتسيل، كما تزداد فرصة التسيل كلما قرب المصدر من الزلزال و يزداد بشدة الزلزال و يزداد حدوث التسيل كلما كان عمق المياه الجوفية قريب من الأرض و تزداد ايضا كلما زاد سمك الطبقة القابلة للتسيل و مساحتها و تزداد فى حالة التكوينات الحديثة. كما أن تربة الأساس الضعيفة (مثل تربة الردم) فتكون عرضة لتشوهات لدنة.

و قد يسبب ذلك ميل أو انقلاب المباني إذا تجاوز عزم الانقلاب عزم المقاومة، كما حدث في منطقة نيجاتا في اليابان أثر تعرضها لزلزال سنة ١٩٦٤. وكانت المباني جيدة البناء ولم تتحطم ولكنها مالت على جنبها بسبب سيلان وتشوه التربة تحتها شكل(٢) و كذلك شكل (٢ -٢٢) يوضح ميل مبنى بسبب تسيل التربة.



شكل (٢- ٢٢) ميل مبنى نتيجة تسيل التربة بتايوان

كما تلاحظ تأثير التربة فى مقاومة المبانى للزلازل حيث تميل ترسبات التربة إلى العمل " كمنقيات" للموجات الزلزالية وذلك بإضعاف حركتها عند ترددات محددة وتضخيمها عند ترددات أخري و من الأمثلة الشهيرة على ذلك الدمار الشديد الذى لحق بالمنشات المرتفعة فى مدينة المكسيك (أثناء زلزال سبتمبر ١٩٨٥) و التى يتراوح عدد طوابقها بين ١٥ – ٢٥ طابق و ذلك نتيجة للتوافق بين التردد الطبيعى لهذة المنشات مع ترددات الموجات الزلزالية السائدة مع التردد الطبيعى للتربة فى موقع المدينة.

٢-٣-١ تأثير الزلازل على الأنواع المختلفة للأساسات

الأساسات الضحلة

القواعد المنفصلة

بخصوص الاساسات فإن الحركة الاهتزازية الناتجة من الزلازل تسبب إزاحة أفقية نسبية بين القواعد مما يؤدى إلى زيادة الاجهادات فى قطاعات الأعمدة الأرضية أسفل البلاطة الأولى للمبنى مباشرة. و تنشأ الإزاحة الأفقية بين القواعد المنفصلة نتيجة انزلاقها و ذلك لعدم كفاية مقاومة الاحتكاك للقواعد المرتكزة على تربة رملية أو نتيجة للتشققات التى قد تحدث بين القواعد فى التربة الطينية المتماسكة،
و يقلل من تأثيرها وجود عناصر ربط أفقية قادرة على أن تتحمل قوة محورية تصميمية فى الضغط و الشد لا تقل عن ١٠% من الحمل الرأسى الأكبر من الأحمال المؤثرة على اى من القاعدتين التى يربطهما العنصر الرابط. و يوصى أن تكون تلك العناصر فى منسوب القواعد على أن يمتد حديد تسليحها الى نهاية الأعمدة و تجنب عمل رقاب أعمدة .

الأساسات الشريطية

يمكن أن تتعرض الى ازاحة أفقية نسبية و ينتج عنها زيادة فى الإجهادات على الأعمدة و لذلك تربط الأساسات الشريطية المتوازية بعناصر ربط عرضية بين الأعمدة و تصمم لتتحمل قوة محورية فى الضغط و الشد لا تقل عن ١٠%من الحمل الأكبر من الحمل الواقع على أى من العمودين. و اذا كانت الأساسات الشريطية فى الإتجاهين فان الأشرطة تعمل كعناصر ربط للأشرطة فى الإتجاة الأخر.

الأساسات اللبشة

لا يظهر تأثير الزلازل المذكورة فى البندين السابقين على الأساسات من نوع اللبشة المسلحة و يكون التأثير الرئيسى على المبانى ذات الأساسات الضحلة من هذا النوع غير المزود ببدروم عميق هو الإنقلاب و الرفع الناتج من قوى عزم القصور الذاتى العرضية. و يوصى فى هذة الحالة أن يكون الوزن الذاتى للمنشأ كافيا للإتزان المطلوب ضد الإنقلاب و الرفع و قد يلزم الأمر زيادة وزن الأساسات أو اضافة ردم فوق الأساسات لتحقيق درجة الإتزان المطلوبة.

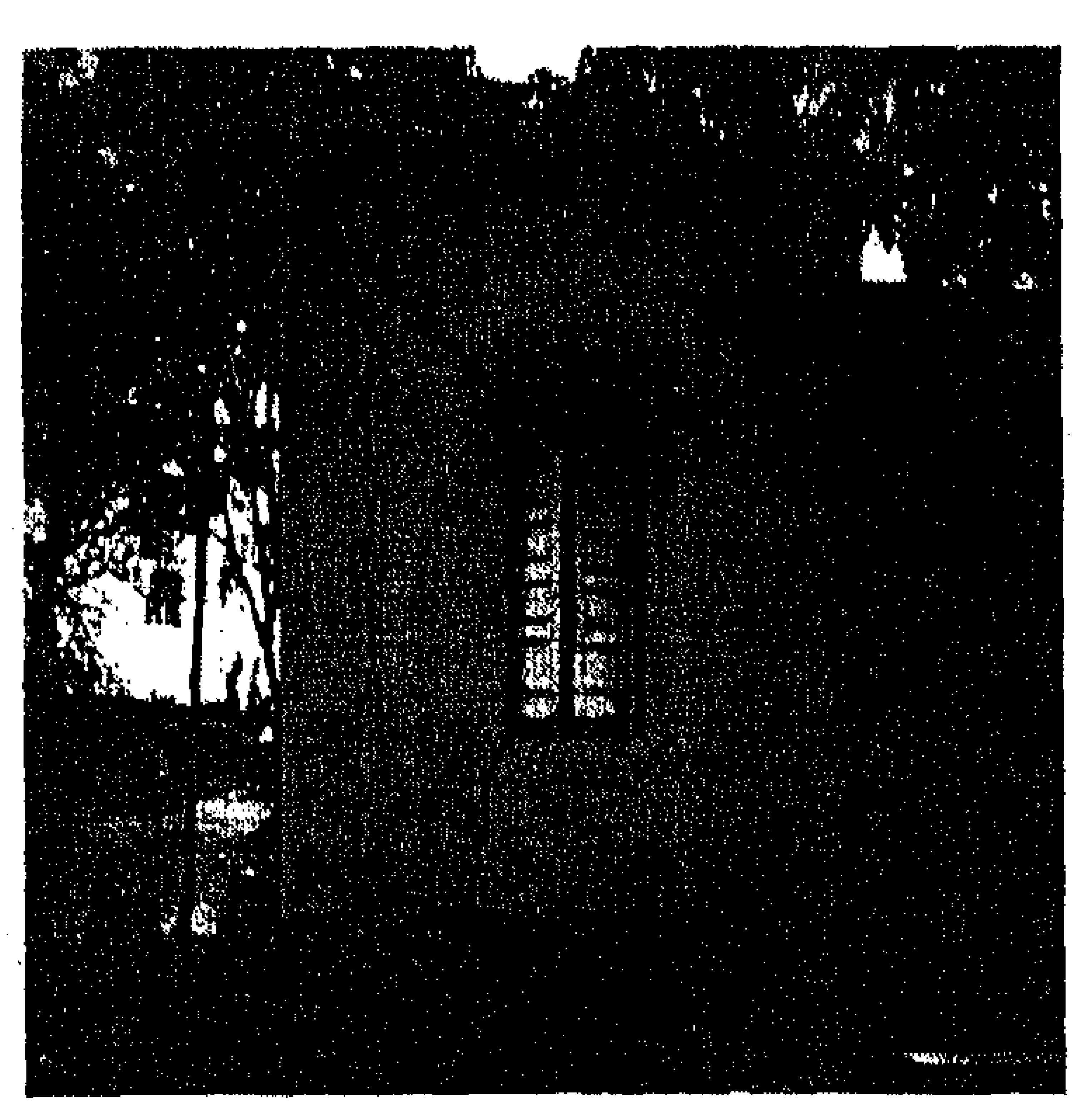
الأساسات العميقة

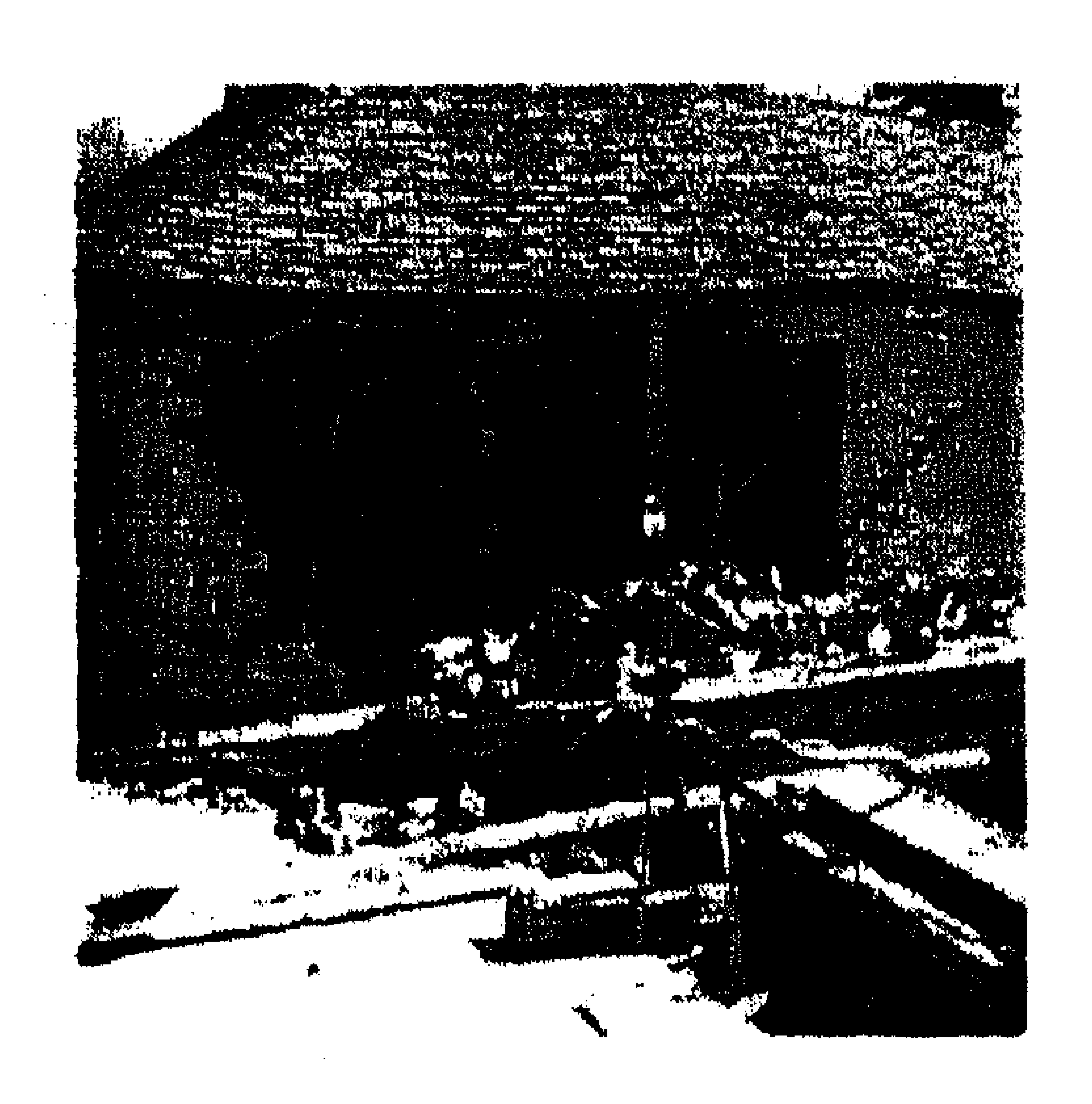
عند استخدام الأساسات العميقة من نوع الخوازيق فانة لا يظهر تأثير الزلازل من حيث الإنقلاب او الرفع الناتجين من قوى عزم القصور الذاتى العرضية. و لكن يجب فى هذه الحالة مراعاة تصميم الخوازيق لتتحمل قوى القص الناشئة من الأحمال التصميمية للزلازل. و تعامل الهامات المنفصلة معاملة القواعد المنفصلة من حيث وجوب تربيطها مع بعضها بعناصر انشائية رابطة.

٢-٤ تاثير الزلازل على المبانى المقامة بنظام الحوائط الحاملة

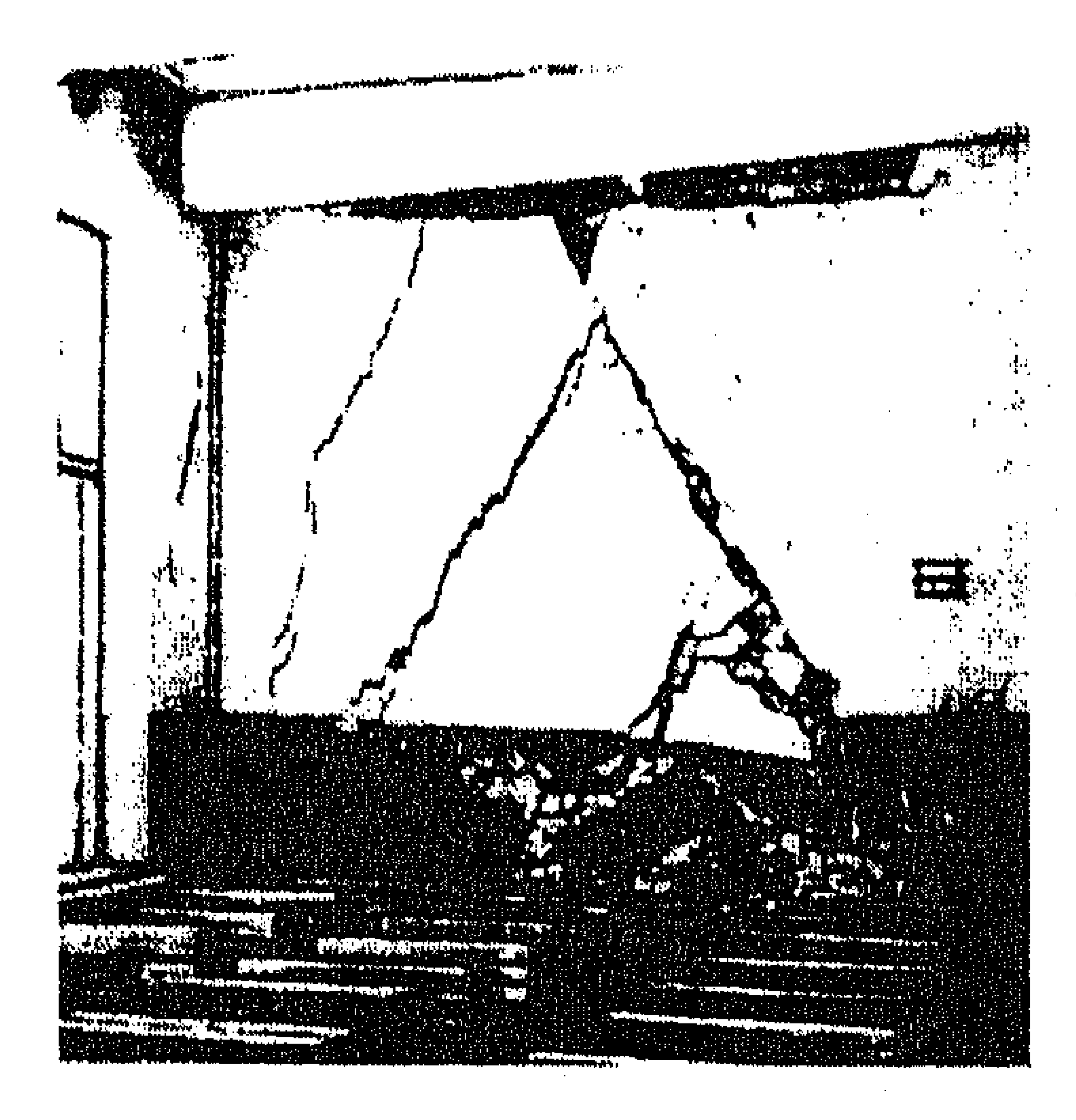
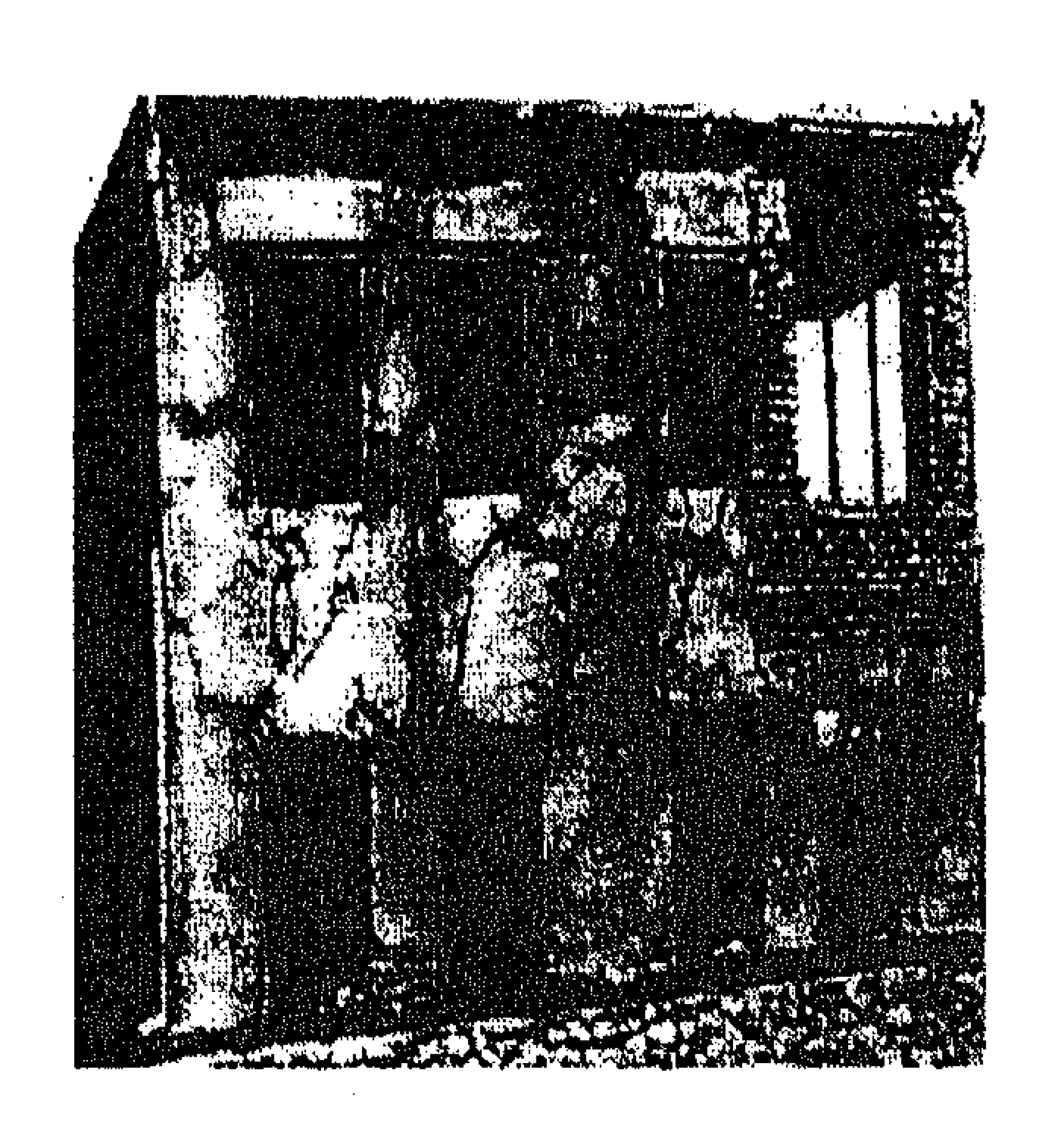
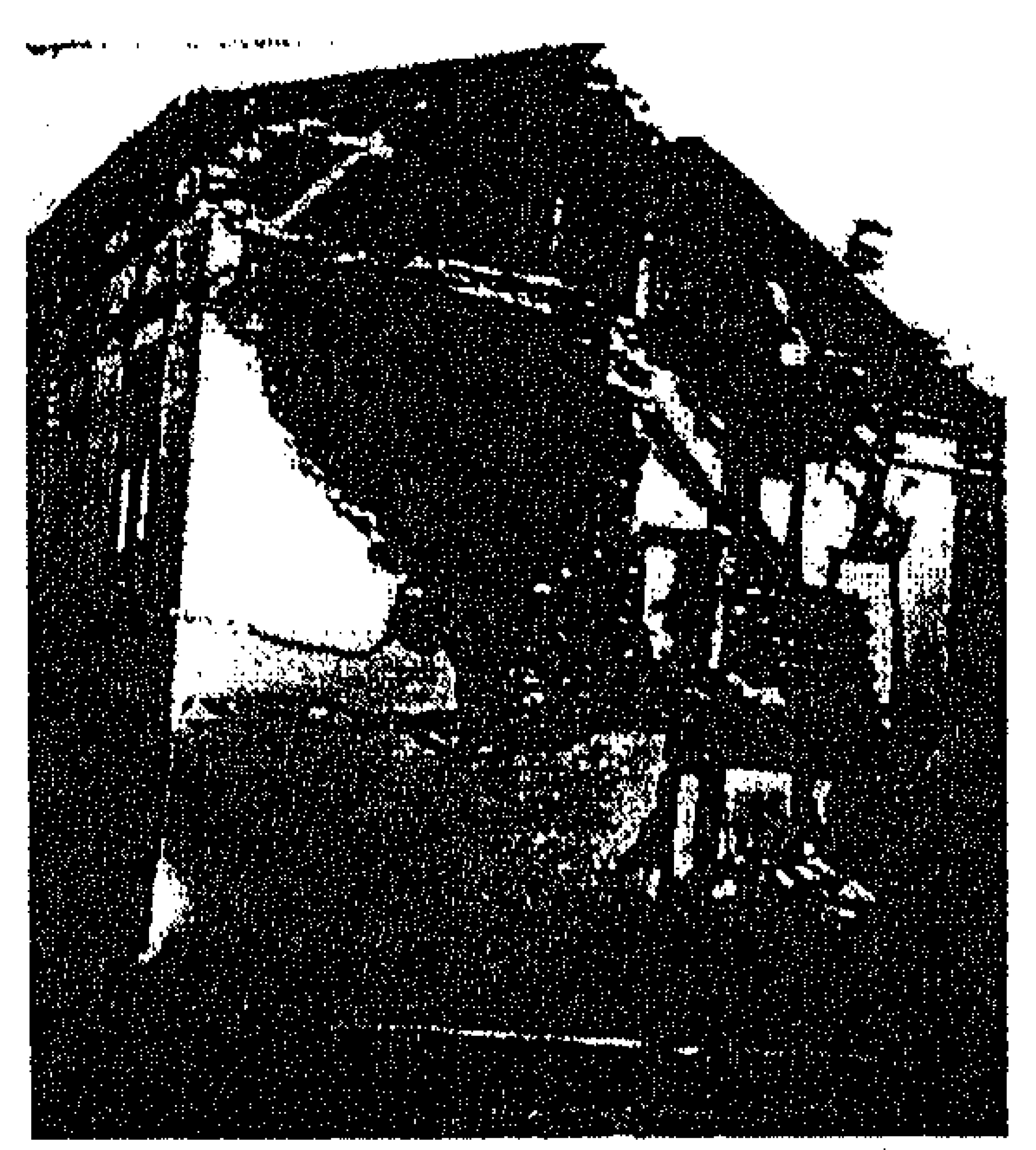
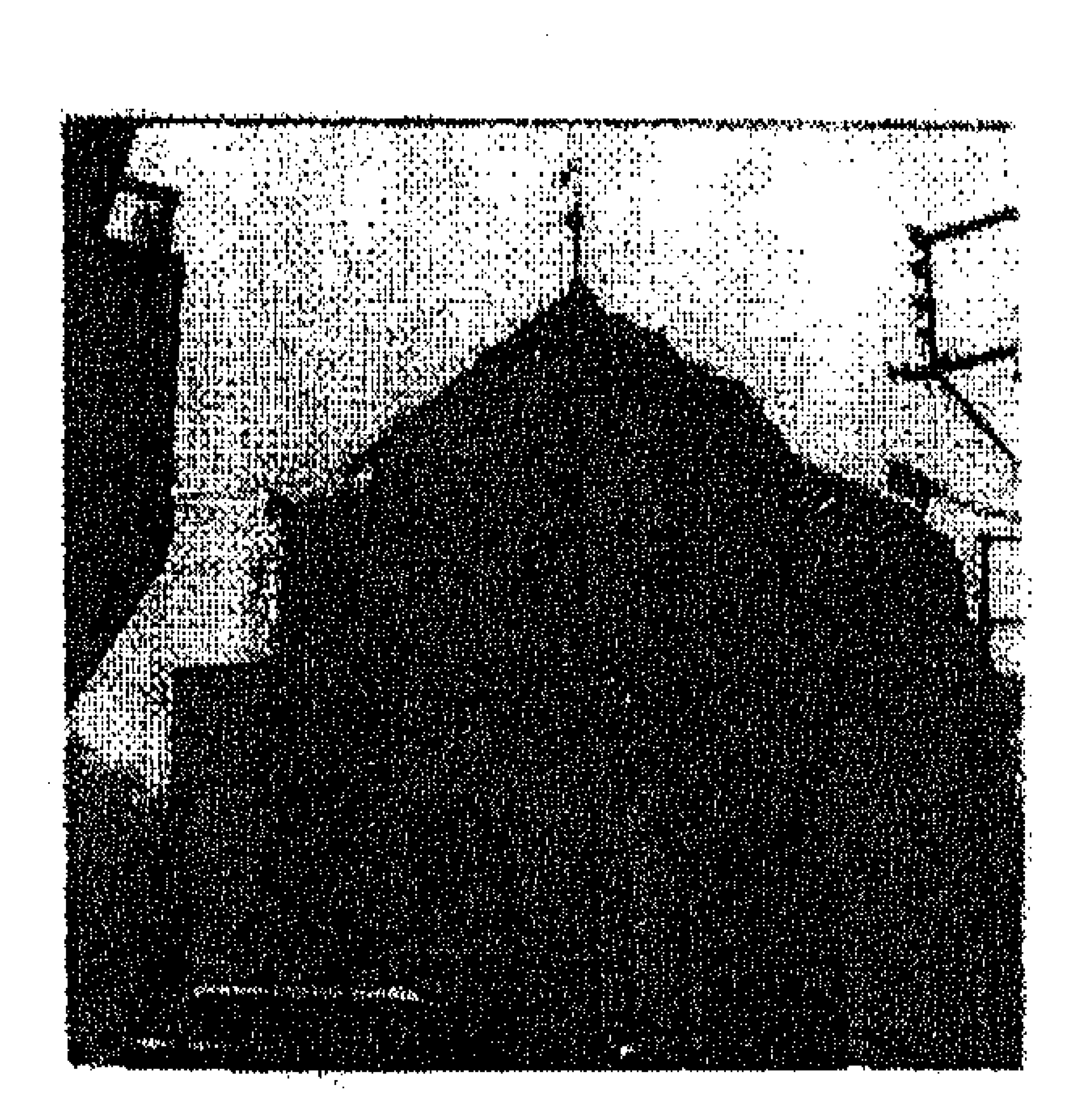
تشكل المبانى المقامة بنظام الحوائط الحاملة جزء من المنشات الموجودة فى مصر وحيث أن الطوب مادة قصفة ولا تتمتع بمطولية كافية بالإضافة الى أن الحوائط تعتبر وسط غير متجانس من الطوب و المونة به مستويات ضعف عند الارتباط بالمونة ولذلك لا يوصى بهذه النوعية فى الأماكن ذات الشدة الزلزالية العالية. و نتيجة للزلازل تتشرخ الحوائط فى مستوى الحائط و لكن تبقى المشكلة الأكبر فى حالة انهيارها خارج المستوى ،شكل (٢-٢٣)، مما يسبب سقوط الأسقف و هو يحدث فى حالة الأسقف الخشب و الغير متماسكة مع الحوائط. كما يوضح شكل

(٢-٢٤) أشكال الشروخ و الإنهيارات للمبانى بنظام الحوائط الحاملة نتيجة الزلازل.





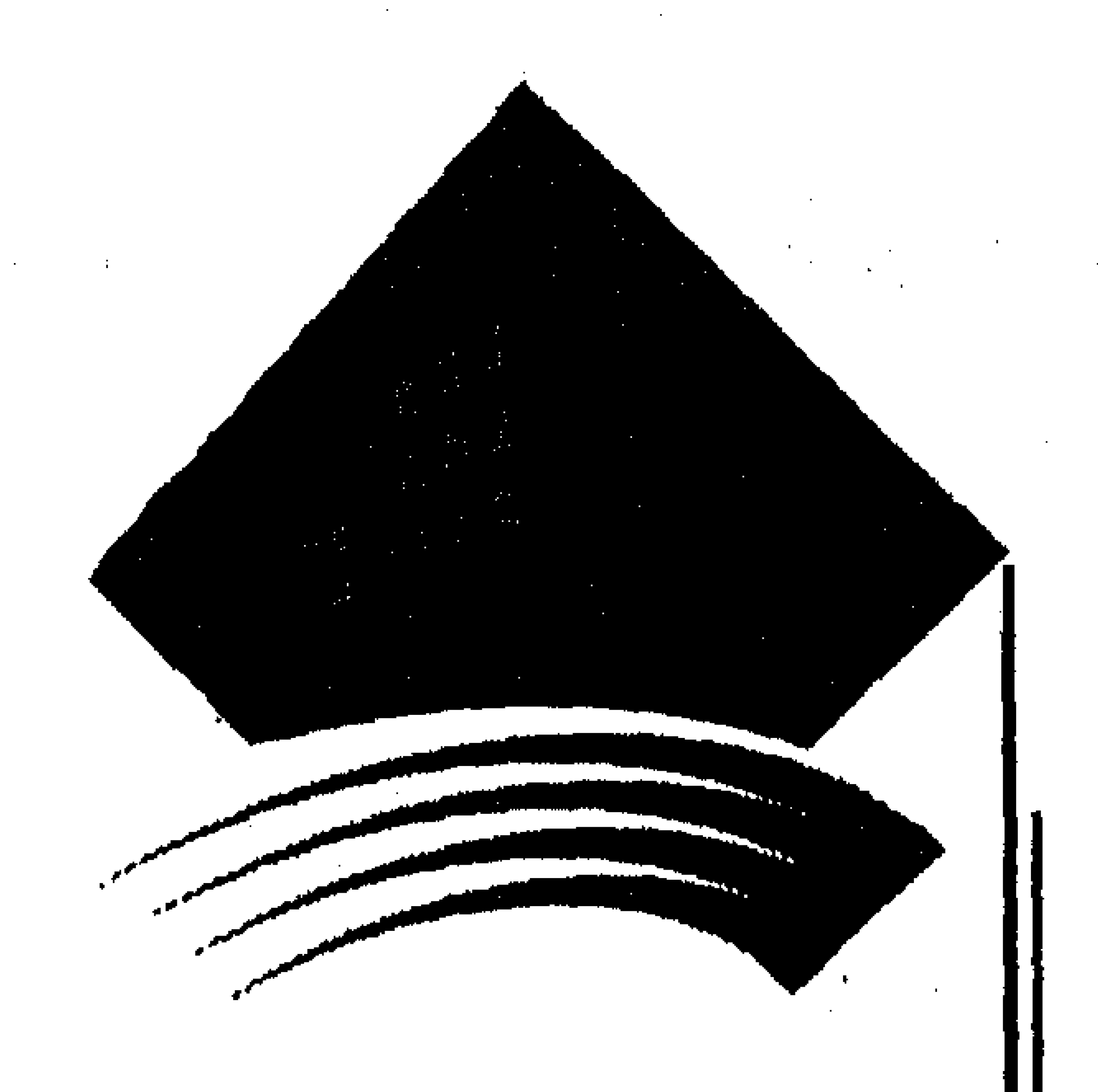
شكل (٢-٢٣) أ) شروخ فى مستوى الحوائط ب) انهيار الحوائط خارج المستوى

شكل (٢- ٢٤) انهيار بعض المبانى الحاملة نتيجة الزلازل



الفصل الثالث



قابلية التهدم الزلزالي للمباني

قابلية التهدم للمبنى (Seismic Vulnerability)نتيجة الزلازل هي قصور في المبنى تمنعه من التصرف الأمثل تجاه الزلازل . و تعتبر الخطورة الزلزالية للمبنى دالة في خطورة الزلزال المحتمل و قابلية التهدم حيث إن الخطورة الزلزالية للمباني (seismic risk) = خطورة الزلزال (seismic hazard) × قابلية التهدم (Vulnerability) .

و بالرغم أن جمهورية مصر العربية ليست من المناطق ذات الشدة الزلزالية العالية ولكن وجود نسبة من المنشآت المنفذة بدون احتياطات الزلازل تسبب خطورة زلزالية عالية . أما المباني التى تم تصميمها و تنفيذها بشكل جيد تقاوم قوى الزلازل بدون أن يحصل لها تدهور كبير و لكن التنفيذ السيئ وعدم مراقبة الجودة قد يؤدي إلى تدهور كبير أو انهيار المبانى نتيجة الزلازل.

٣-١ أهم مصادر قصور المباني تجاه الزلازل

١- عدم وجود مسار لأحمال الزلازل من كل كتلة إلى التربة .

٢- قلة المقاومة للعناصر المقاومة للقوى العرضية و هي منتشرة في المباني القديمة و من أهمها الدور الضعيف و ينتج من ضعف أعمدة الدور بالنسبة إلى باقي الأدوار .

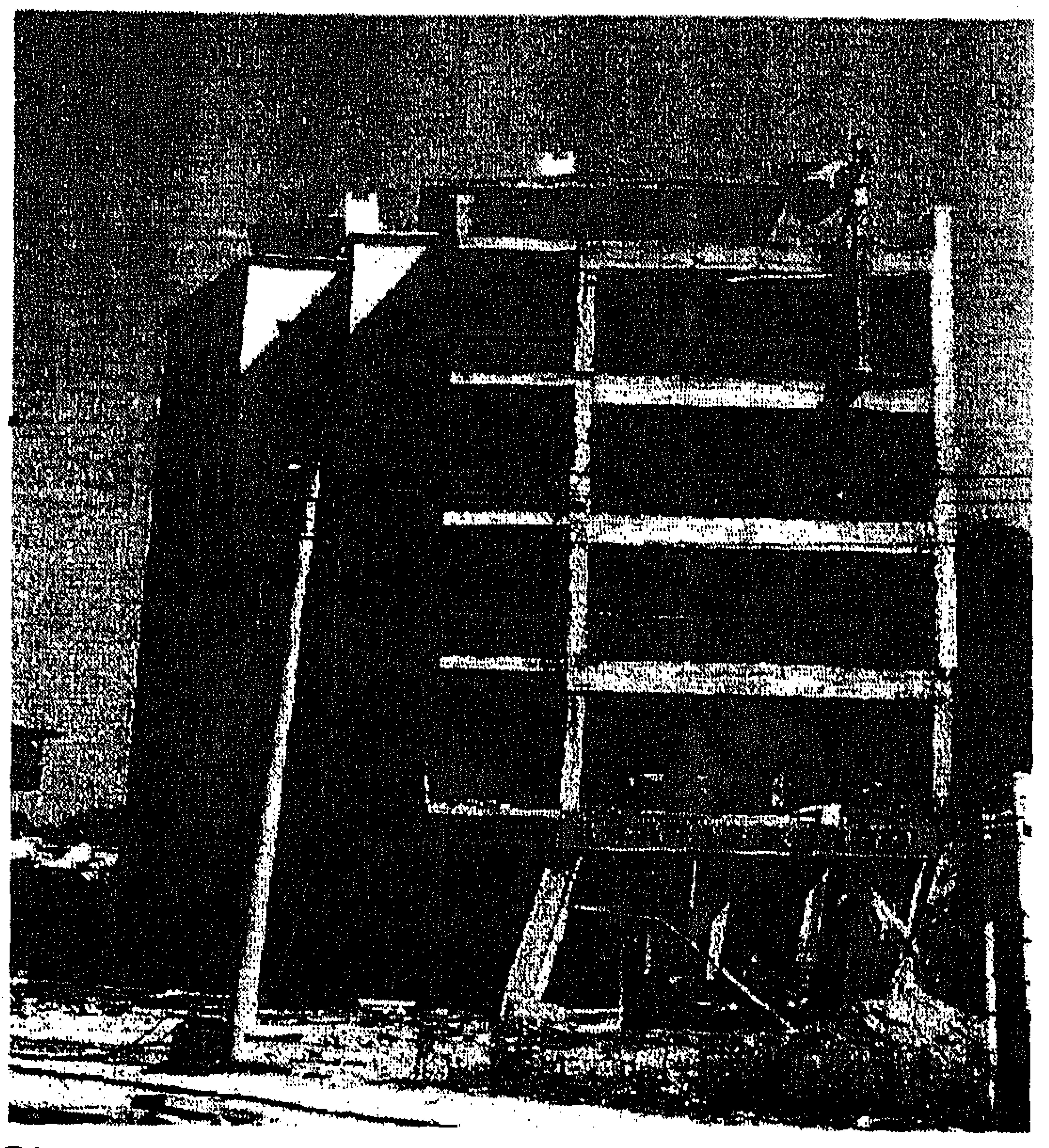


Figure 3-1 Formation of a soft and weak story

٣- قلة الجساءة العرضية للعناصر المقاومة للقوى العرضية مثل المباني المعتمـــدة على حوائط قص محدودة لمقاومة الزلازل حيث تسبب ازاحات عاليـــة فـــي المستويات العالية على عكس المباني المعتمدة على الإطارات فتكون الازاحات الحرجة في المناسيب السفلية .

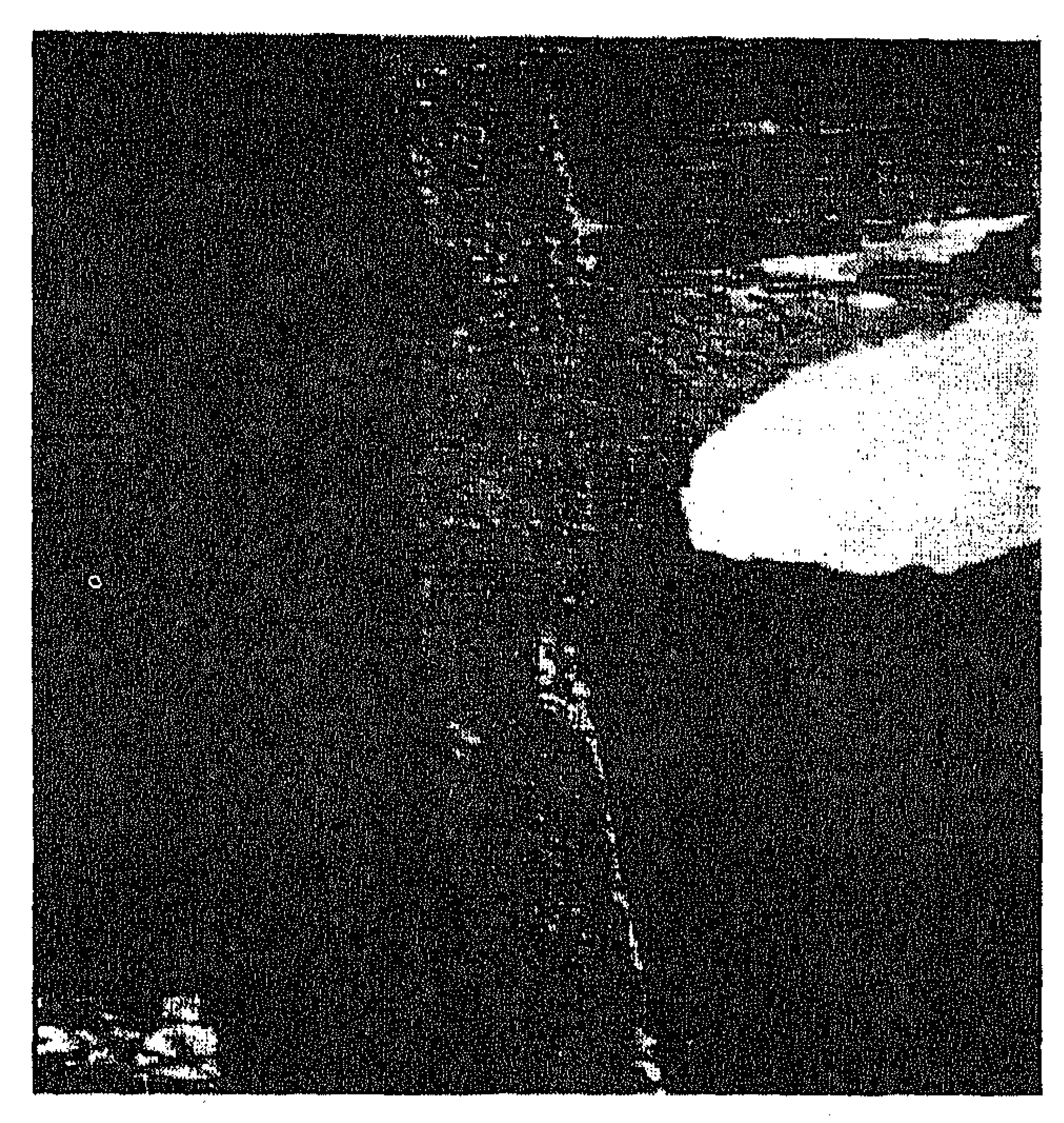
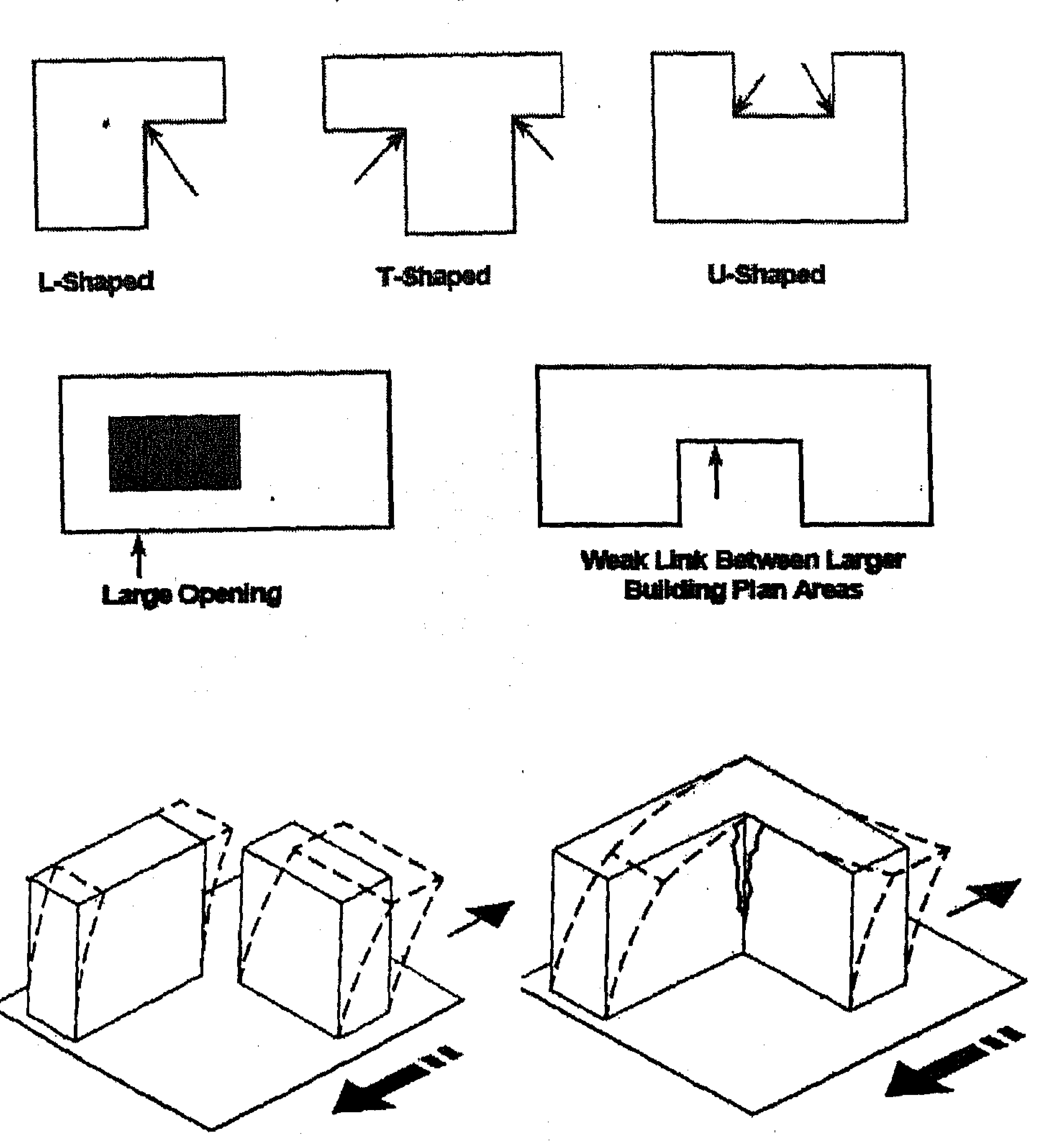
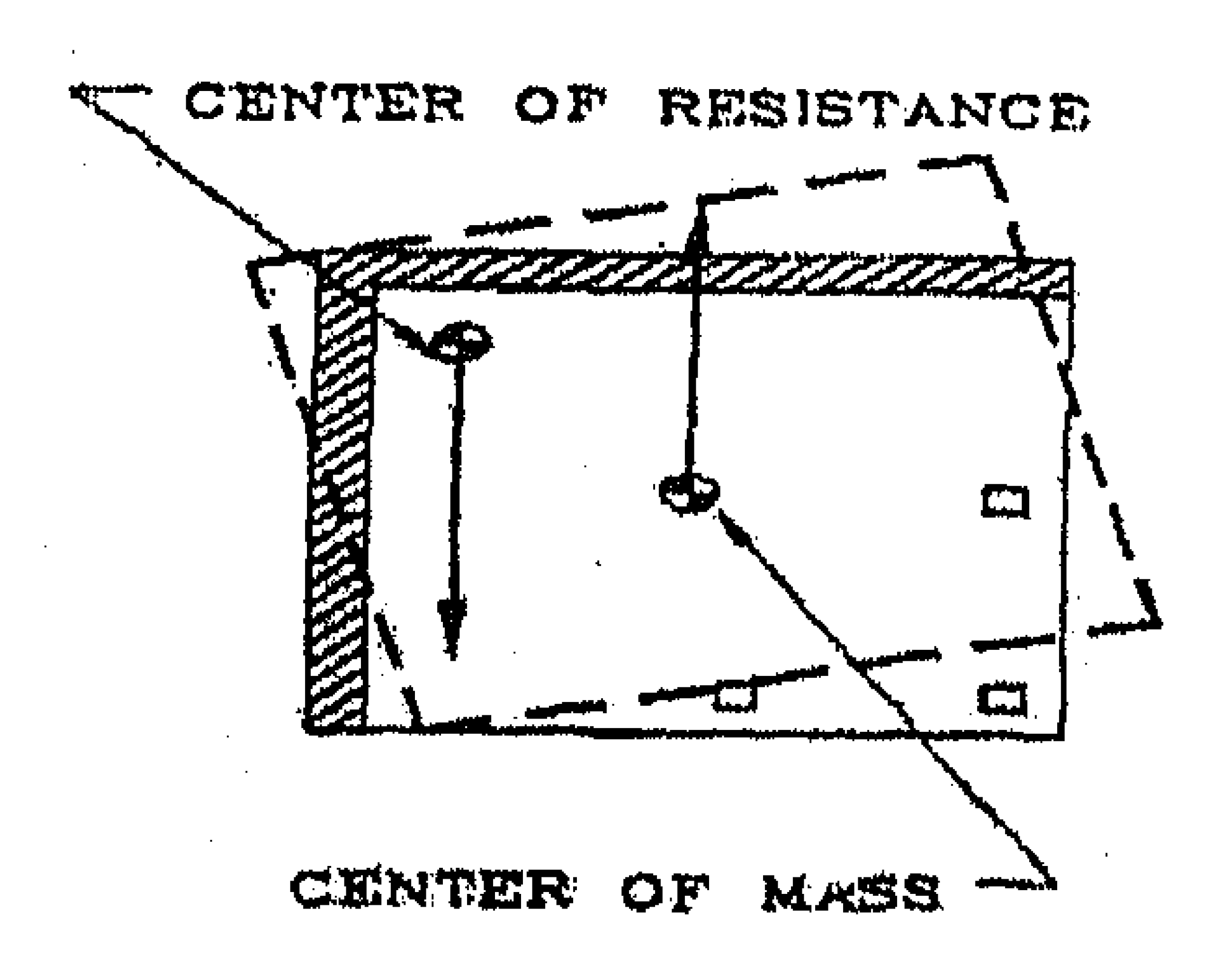


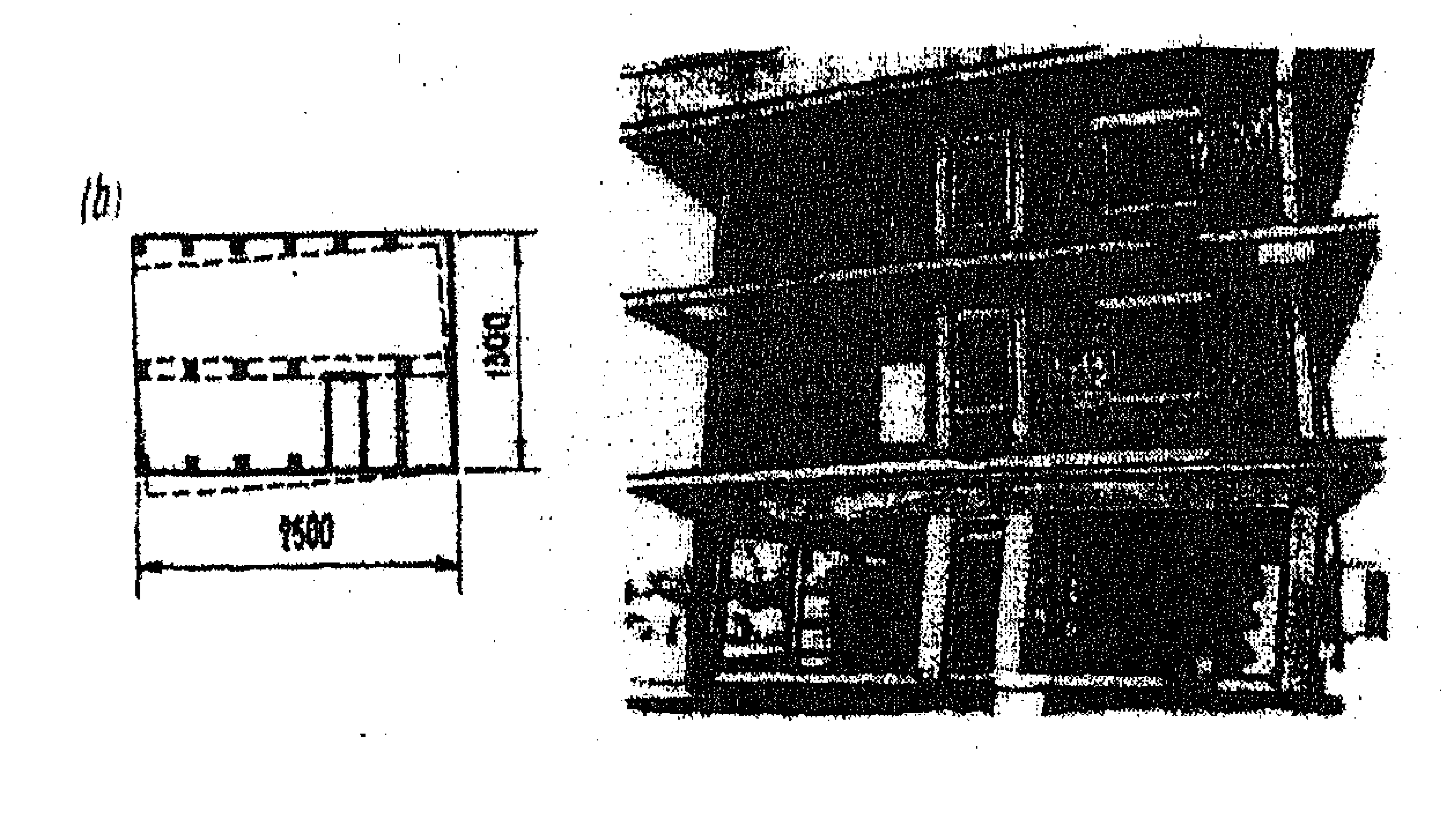
Figure 3-2 Concentrated damage at ends of moment-frame columns due to excessive drift

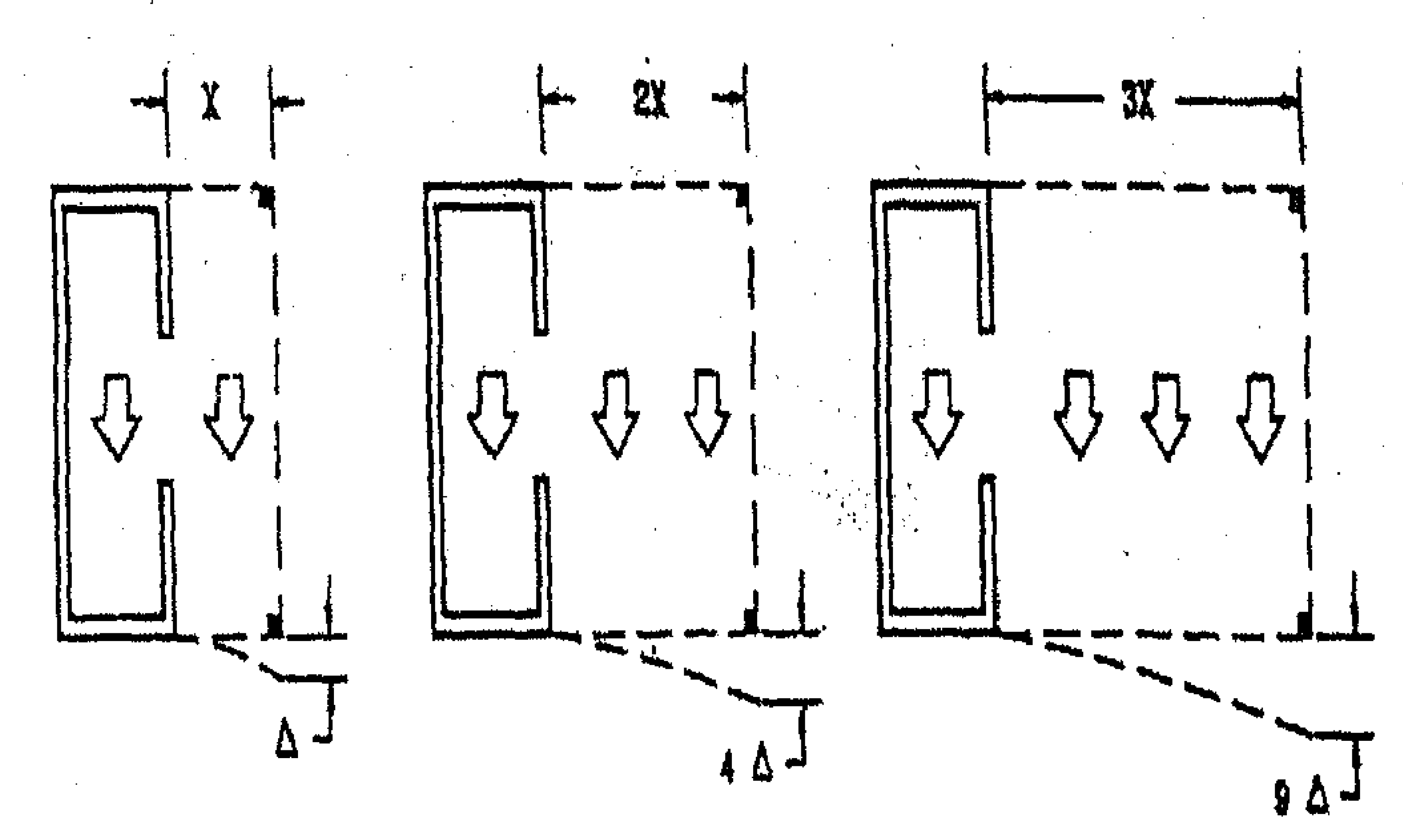
٤- القصور في الشكل العام يقصد به عدم الانتظام الأفقي و الرأسي حيث ينشأ عدم الانتظام الأفقي من عدم تماثل المسقط الأفقي مثل أن يكون المبنى على شكل حرف T, U, H و بالتالي نتيجة حركة الأرض تتكون ازاحات أفقية مختلفة للمبنى لاختلاف جساءات أجزاء المبنى بالإضافة إلى الالتواء الناتج من اختلاف مركز الجساءة عن مركز الكتلة مما يلزم فصل الأجزاء عن بعضها البعض حتى لا تحدث شروخ ، و فى حالة فصل الأجزاء يجب تصميم و تنفيذ الفاصل بينهم بحيث يكون الفاصل هو مجموع الأزاحات لهم و في حالة عدم إمكانية ذلك يتم ربط الأجزاء بعناصر متينة و تصمم العناصر لمقاومة الإلتواء.

و من المظاهر التي تسبب عدم الانتظام الأفقي تركز حوائط القص في جانب واحد من المبنى مما يجعل مركز الجساءة بعيدا عن مركز الكتلة مما يسبب عزوم لـــي اهتزازية قد لا تكون أخذت بعين الاعتبار في التصميم .









شكل (٣-٣) اشكال عدم الانتظام الافقى

أما عدم الانتظام الرأسي فينتج من عدم توزيع الكتل و الجساءات على المستوى الرأسي بشكل منتظم مما يسبب تركيز للقوى و الازاحات عند مستويات محددة تسبب انهيارها. و كذلك اقامة المبانى ذات الطابق الطرى (Soft story) أى يكون فيها هذا الطابق أقل فى جسائته العرضية (لزيادة ارتفاعة) عن باقى الأدوار مما تكون الطوابق الطرية مهددة بالضرر أكثر من غيرها.

كما تحدث كثير من التصدعات بسبب عدم الانتظام في تصميم المباني و ذلك بسبب تغير الصلادة Stiffness المفاجئ بين الطوابق المتكررة مثل عدم الاستمرار في حوائط القص للأساسات مما تسبب تصدعات كبيرة في المبنى. و بعكس ظاهرة الطابق الطرى (الذى ينشأ من ارتفاع الطول و قلة الجساءة العرضية) فتنشأ مشكلة العمود القصير و يتكون عند قلة ارتفاع العمود عن مثيله فى نفس مستوى الدور و بالتالى تتركز بغير قصد الطاقة الزلزالية له لزيادة جسائته و هو غير مصمم لها مما يتسبب فى انهيارة فى بعض الأحيان.

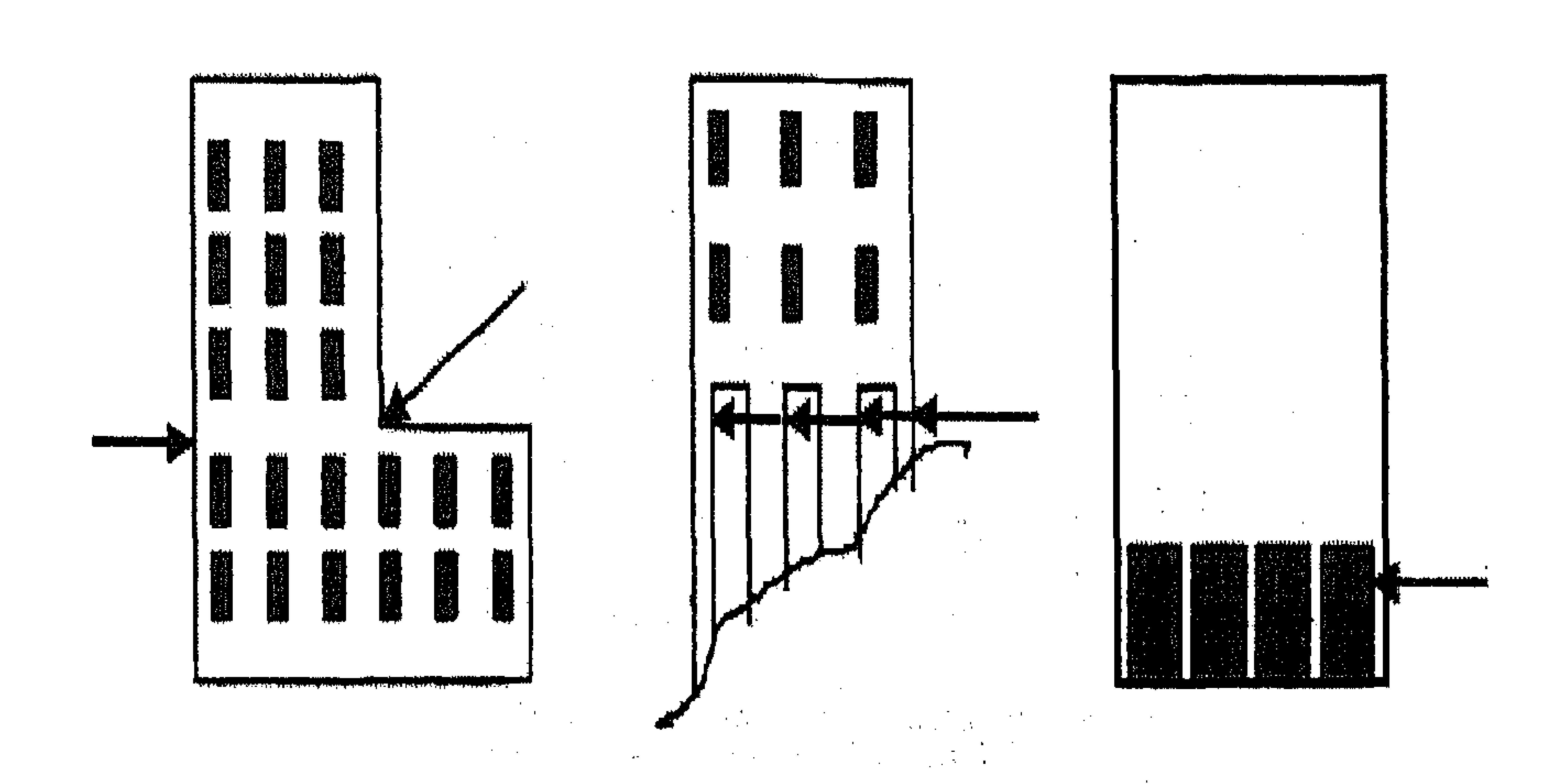
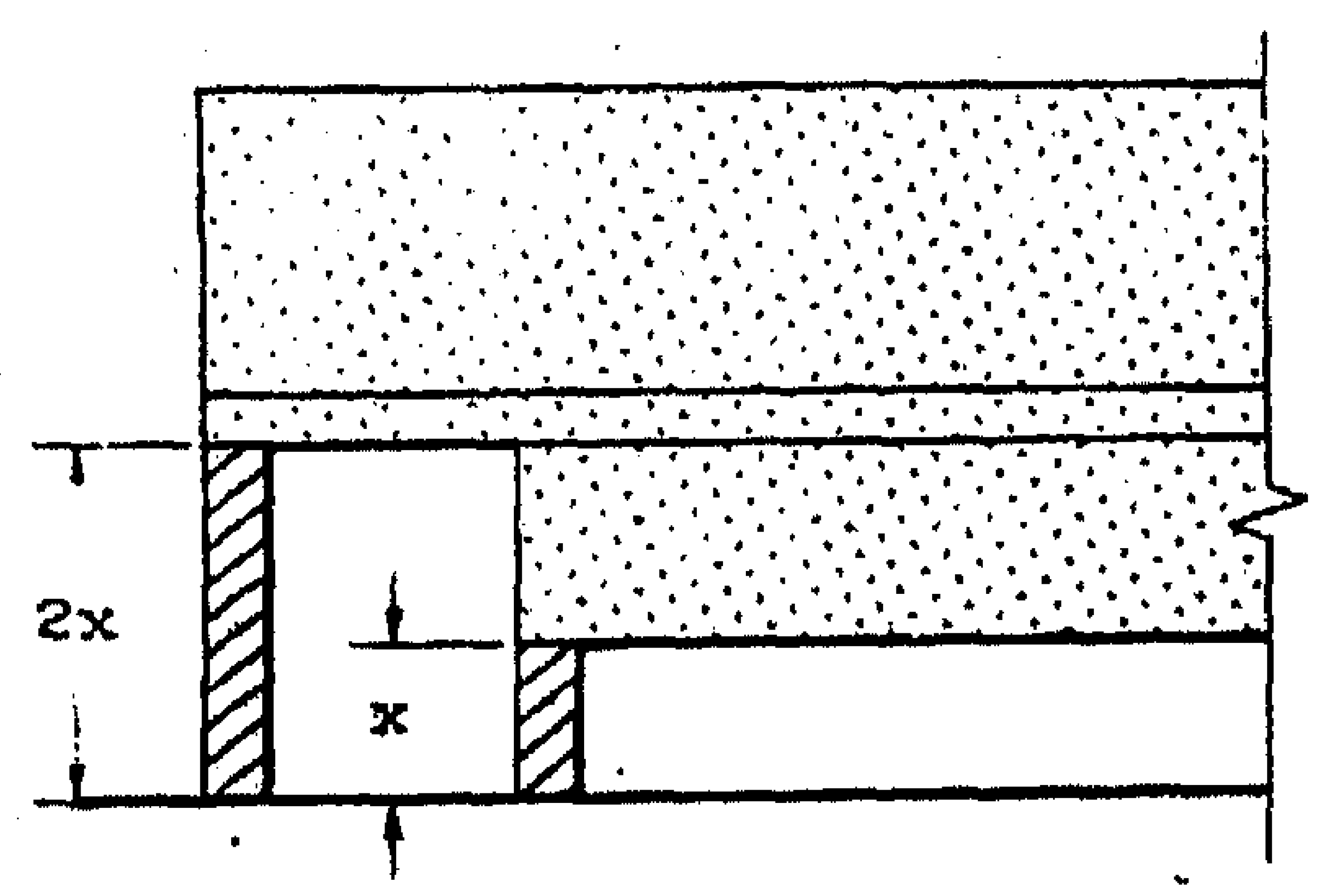


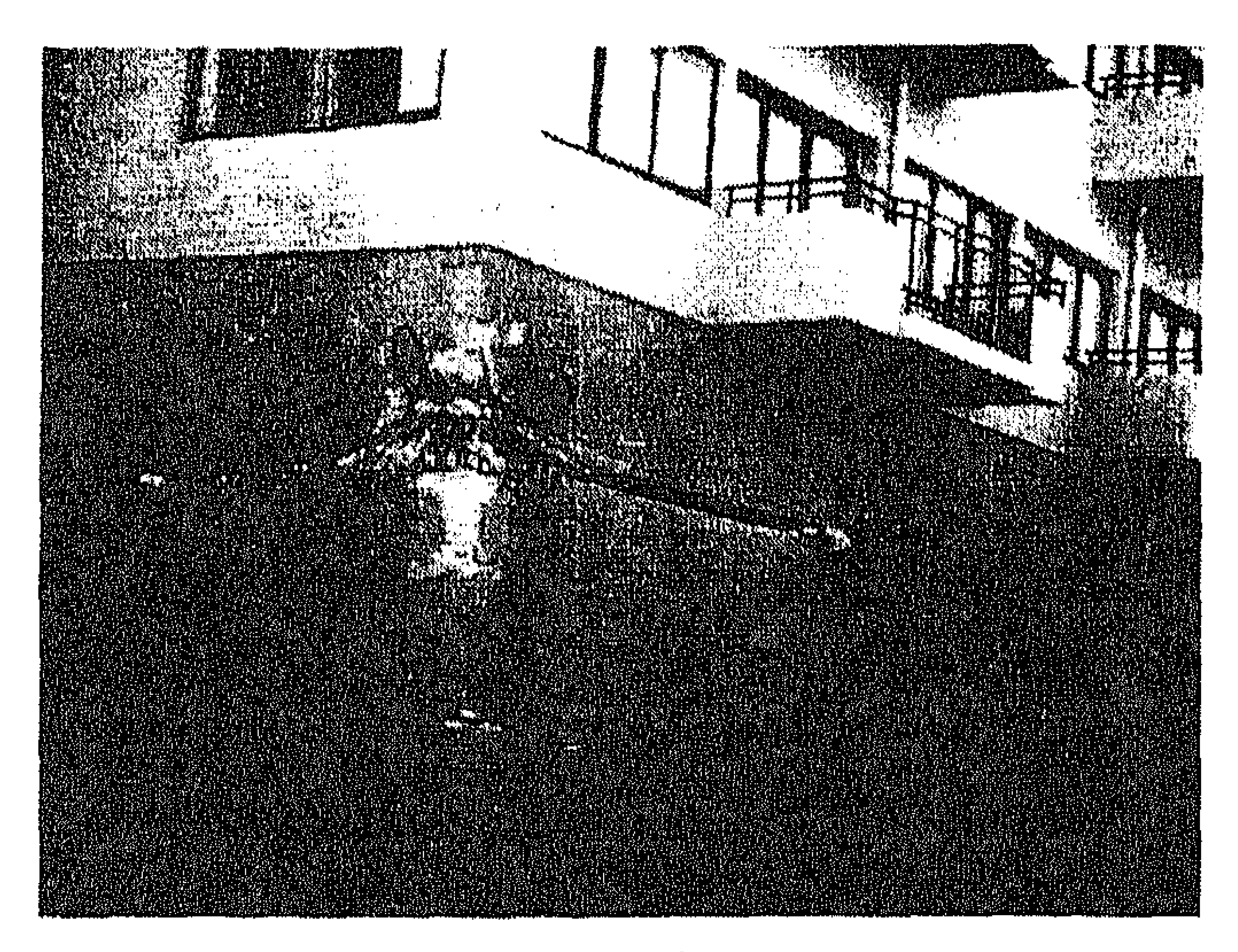


Figure 6-38. Failure of set-back building along a plane of weakness

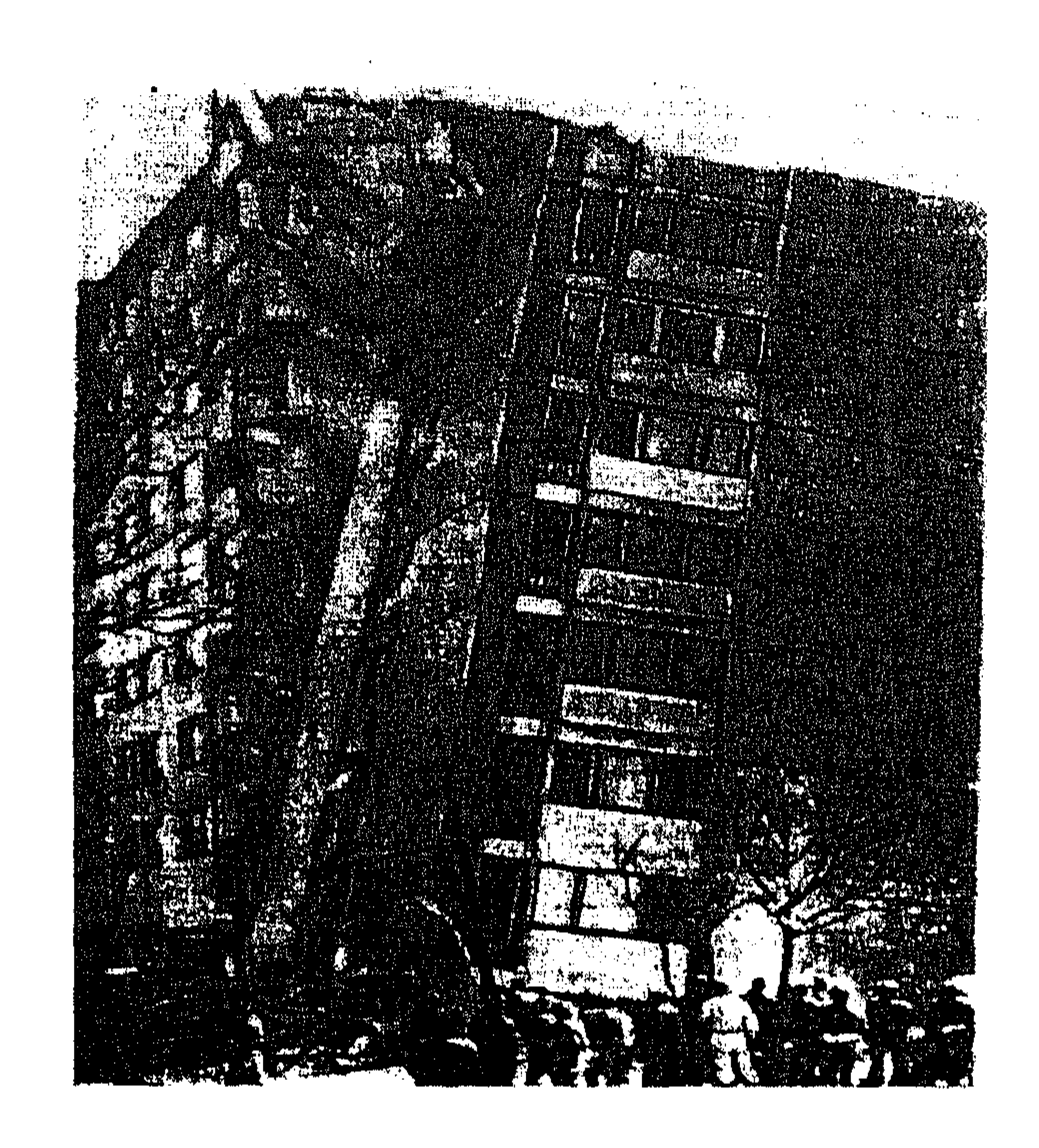
انهيار مبنى نتيجة عدم الاستمرار الرأسى



SHORT COLUMN TAKES 8 TIMES THE LATERAL LOAD OF THE LONG COLUMN



انهيار الأعمدة القصيرة



شكل(٣-٤) اشكال عدم الانتظام الراسى

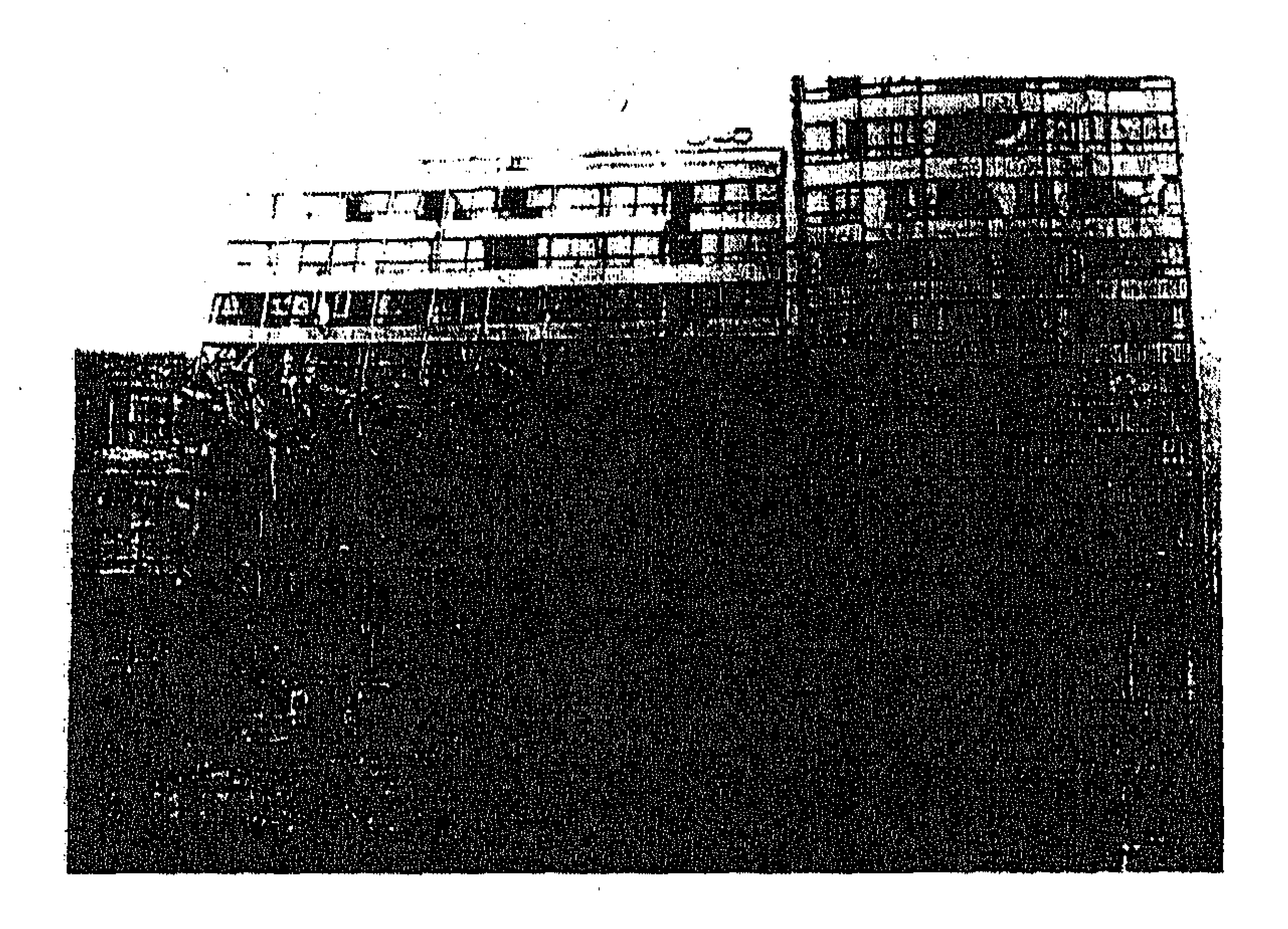
٥- تؤمن الوفرة Redundancy السلامة من انهيار المباني بشكل فعال جـداً، و هو أن يكون هناك أكثر من إطار في كل اتجاه وأكثر من باكية في كـل إطار و ذلك حتى يكون هناك عناصر أخرى تقاوم الأحمال في حالة انهيـار أي عنصر.

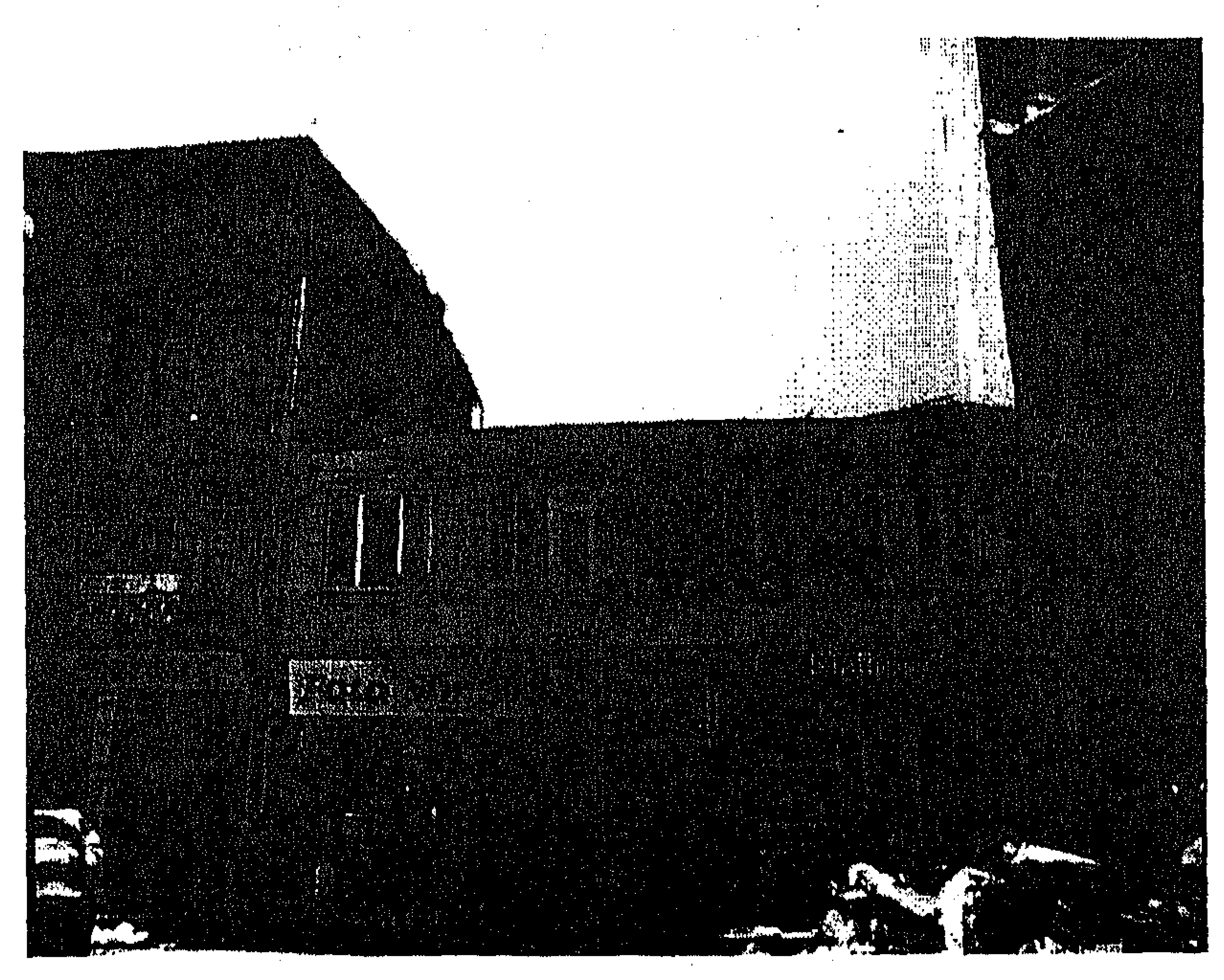
٦- قصور العناصر الخرسانية و هو عدم توافر الاشتراطات المقاومة للزلازل بها بالإضافة إلى تدهور مواد إنشاء المبنى ، و هو ما تم الاشارة اليه سابقا.

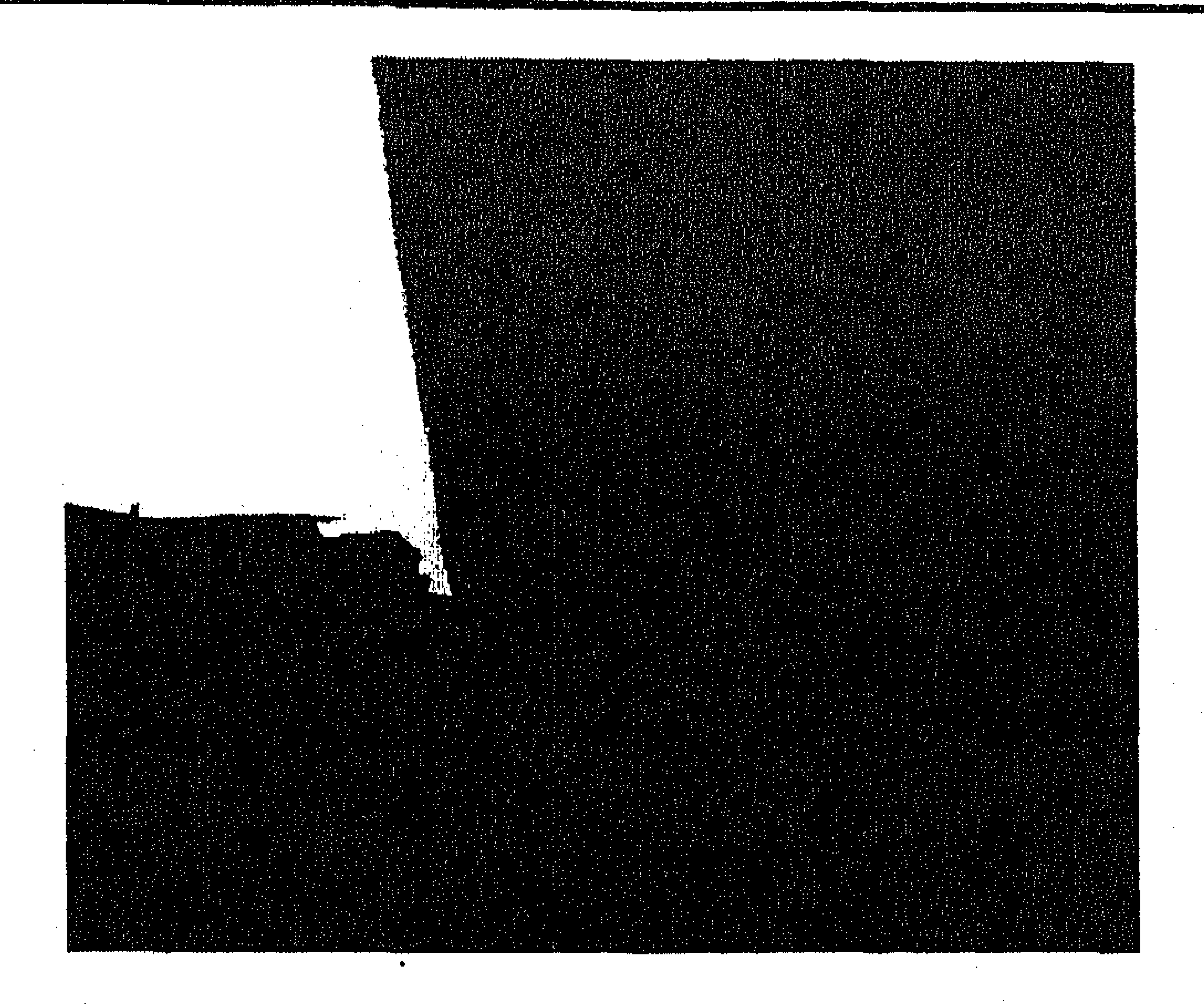
٧- مشاكل الجار و تنشأ في بعض الأحيان من من ارتطام المبانى المتجاورة مـع بعضها عندما تتمايل بتأثير الزلازل إذا لم تكن متباعدة عن بعضـها بشـكل كاف لعدم و عدم وجود فاصل زلزالى، وقد يكون الدمار كبيراً إذا لم تكـن بلاطات الطوابق في المباني المتجاورة على منسوب واحد.

٨- و انهيارات العناصر الغير انشائية و اهمها الانهيارات في المصـاعد عنـدما تكون أثقال التوازن غير مقيدة و وجود مشاكل فى الكابلات . كما تشـكل الدراوي Parapets وألواح الواجهة Exterior Panels غير المثبتة بشكل مناسب خطورة كبيرة على أرواح الناس .

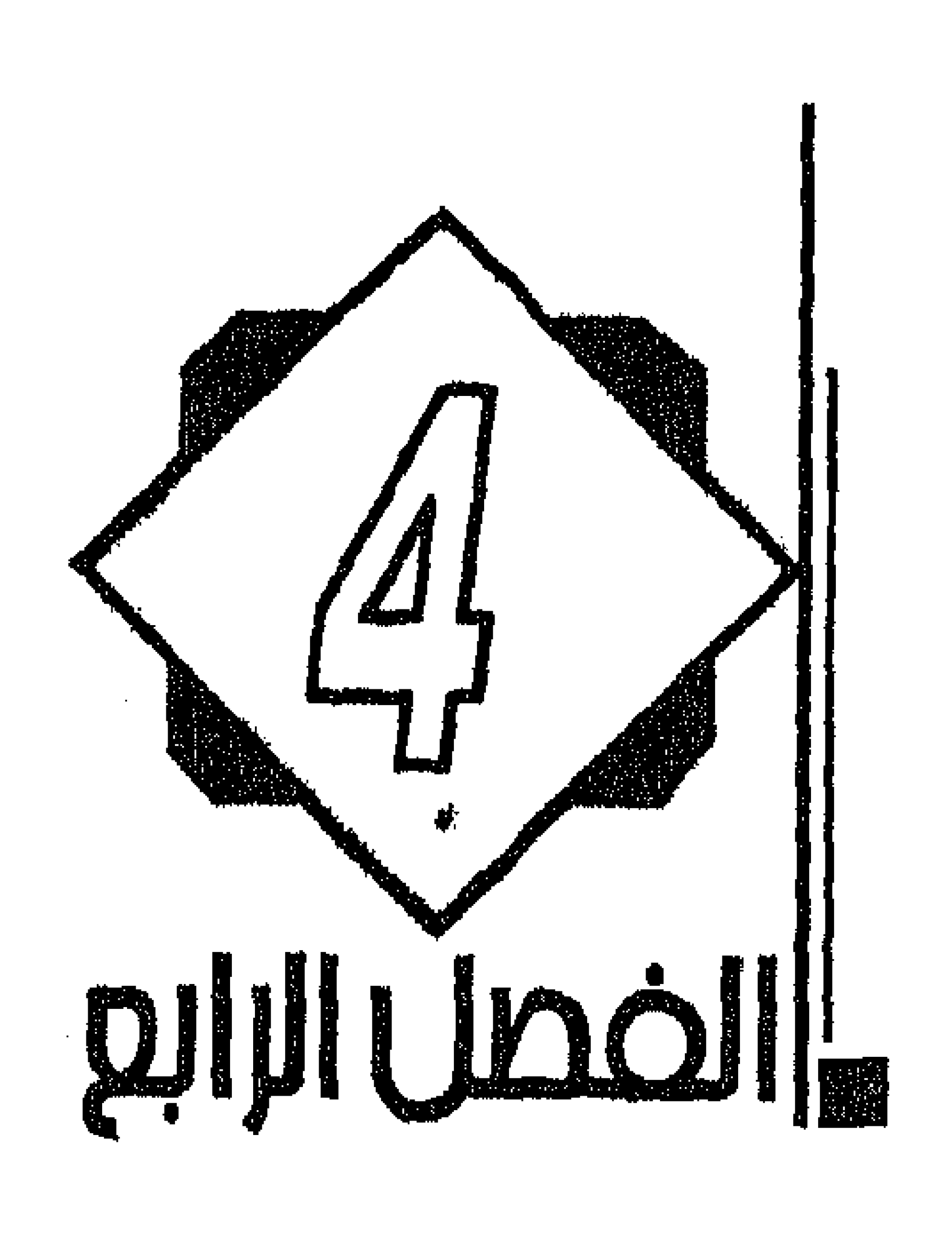
٩- المخاطر الجيولوجية : و أهمها ظاهرة التميع و قد سبق الاشارة اليها.







شكل (٣-٥) الانهيار نتيجة اصطدام المبانى



الفصل الرابع



التقييم الزلزالي للمباني

ان وجود شكوك حول كفاءة المباني القائمة و التى لـم يراعـى بهـا هـذه الاشتراطات لمقاومة الزلازل، يظهر مدى الحاجة إلى تقييم الخطـورة الزلزاليـة لهذه المبانى لتجنب أى مخاطر قد تحدث. و توجد طرق عديدة لتقييم كفاءة المباني القائمة لمقاومة الزلازل و مدى احتمالية للأضرار عند حدوث الـزلازل و تنقسـم طرق التقييم إلى قسمين: طرق كيفية (تجميعية) و ذلك بجمـع معلومـات عـن خصائص المبنى عن طريق مهندسين مدربين و اعتمادا على الخبرات السابقة من تأثير الزلازل على المنشات يمكن الحكم على التصرف المتوقع للمبنى و هي تعطى نتائج مبدئية و طرق أخرى تحليلية (كمية) تستخدم أي من طرق التحليل الإستاتيكي أو الديناميكي للتأكد من قدرة المبنى على مقاومة الزلازل . و يتم ذلك بتحديد قـوة الزلازل المتوقعة و مقارنتها بسعة المبنى للزلازل و قد تم تطبيق التقييم في عـدة دول مثل اليابان و الصين و نيوزيلندا و الولايات المتحدة و هو ما نأمل بتطبيقـه للمباني في مصر و الدول العربية .

من أشهر الطرق الكيفية طريقة الهيئة الفيدرالية الأمريكيـة لإدارة المخـاطر (Federal Emergency Management Agency) للفحـص البصـري السريع للمباني FEMA 154 وهى طريقة سريعة لفحص المباني تعتمد علـى إعطاء درجات للمبنى و في حالة عدم حصول المبنى على درجة عالية يعنى وجود قصور زلزالي في المبنى. و يمكن استخدامها كما اقتـرح Scarlat كطريقـة إحصائية للمناطق المراد تقييمها بصورة مبدئية يتم بعدها اللجـوء إلـى تطبيـق الطريقة الكمية (التفصيلية) FEMA 310 للمباني التي لم تحقق درجة عالية فـي الفحص السريع . و استنتج C Rai أن FEMA 310 من الطرق الجيدة للتقييم بعد مقارنتها بين عدد من الطرق العالمية المستخدمة للتقييم. و قد تـم عمـل

تحديث ل (FEMA 310) بالتعاون بين FEMA و American Society of Civil Engineers (ASCE) وأصبحت(ASCE 31-03)

٤-١ طريقة الفحص البصري السريعة FEMA 154

تعتبر هذه الطريقة أول مرحلة من مراحل التقييم و المعتمدة على خبرات من الزلازل السابقة و تقوم على فحص المبانى من الشارع و تسجيل بيانات عن المبنى و لا يشترط دخول المبنى أو إجراء حسابات إنشائية و بالتالى فهى سريعة و غير مكلفة و لكنها تقريبية و هى تشمل كل أنواع المبانى و لكنها تكون مناسبة للمبانى التى لم تراعى مقاومة القوى العرضية و المبانى الحساسة للزلازل و تبدأ خطوات الطريقة بقيام المهندسين بتحديد معلومات عن نوع المبنى و نوع التربة و حالة المبنى (من حيث به شروخ أو تدهور) و رسم المسقط الأفقى و استغلال المبنى مع تحديد النظام الإنشائي المقاوم للزلازل من ضمن ١٥ نظام موضحين فى استمارة البيانات .

و على ضوء نوع الإنشاء و الشدة الزلزالية للمنطقة (عالية و متوسطة و منخفضة) يتم تحديد درجة أساسية للمبنى و يتم تعديل للرقم سواء بالطرح أو بالجمع طبقا لحالة المبنى من حيث عدد الأدوار و مدى الانتظام الأفقي والرأسي حيث إن عدم انتظام الشكل و وجود الشروخ يقللا من الدرجة النهائية للمبنى و في حالة التنفيذ قبل الكود يقلل الدرجة و أخيرا نوع التربة. و من الدرجة الأساسية و التعديلات يتم حساب الدرجة النهائية و هى تعطى احتمالية انهيار المبنى عندما تحدث الزلازل و يصبح المبنى كافي لمقاومة الزلازل لدرجة ٢.٠ و أكبر و لدرجة أقل من ٢.٠ لابد من طريقة تفصيلة لتقييم المبنى.

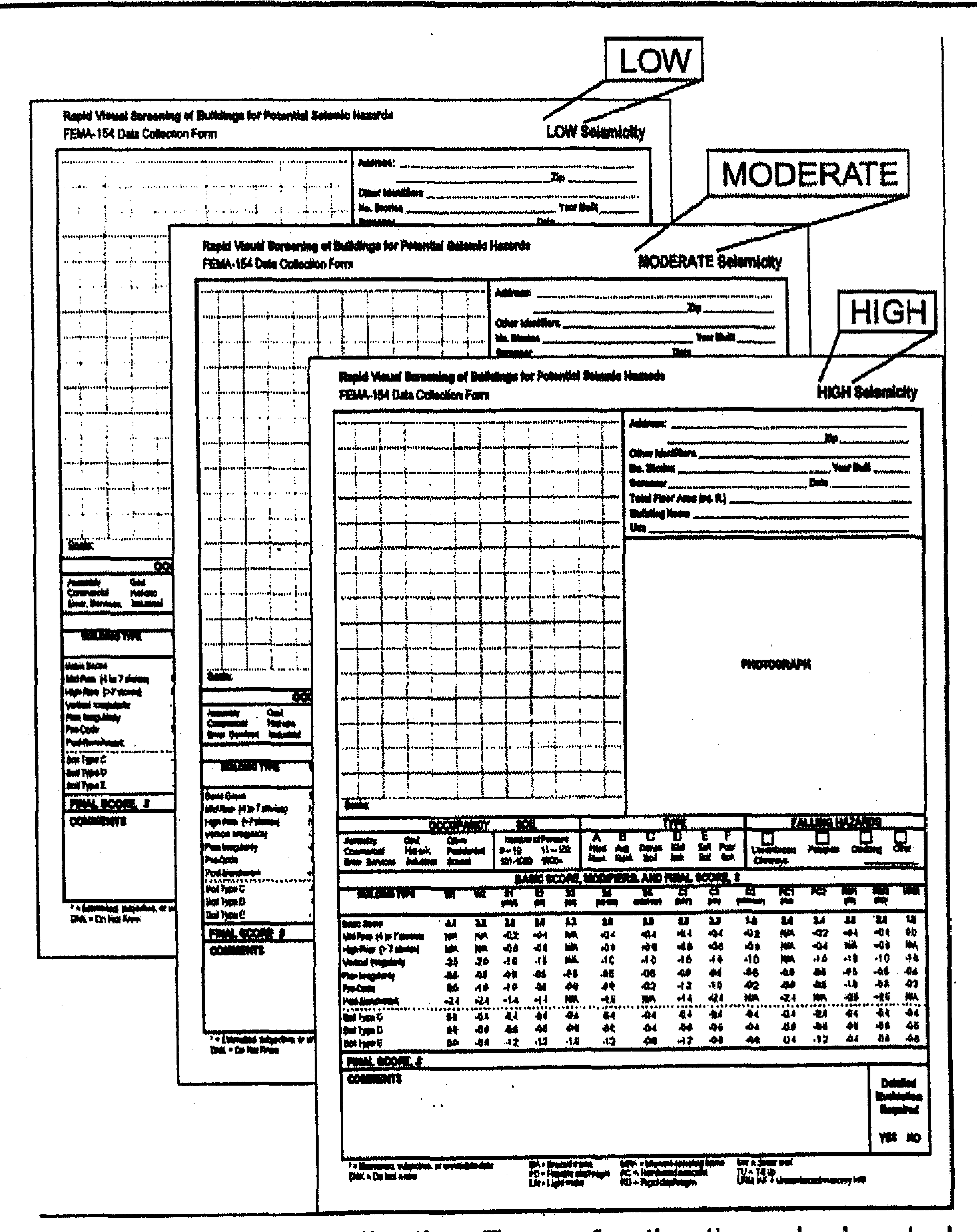


Figure 4-1 Data Collection Forms for the threedesignated seismicity regions (low, moderate, and high).

Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards

FEMA-154 Data Collection Form

Example 2

HIGH Seismicity

Tower | Tower

Open Above

Tower | Tower

Plan @ 2nd floor

Elevation

Scale:

Address: 3711 Roxbury St.
Anyplace Zip 91234
Other Identifiers Parcel 7469027034
No. Stories 12 Year Built 1944
Screener A. Jones/D. Taylor Date 2/28/01
Total Floor Area (sq. ft.) 34,800
Building Name
Use Commercial and Offices above

OCCUPANCY			SOIL						FALLING HAZARDS			
Assembly	Govt	(Office)	A Hard Rock	B Avg Rock	C Dense Soil	(D Stiff Soil)	E Soft Soil	F Poor Soil	☐ Unreinforced Chimneys	☐ Parapets	☐ Cladding	☒ Other Cornices
(Commercial)	Historic	Residential										
Emer. Services	Industrial	School										
Number of Persons: 0 – 10, 11 – 100, (101-1000), 1000+												

BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL SCORE, S

BUILDING TYPE	W1	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URM INF)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URM INF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM
Basic Score	4.4	3.8	2.8	3.0	3.2	2.8	2.0	2.5	2.8	(1.6)	2.6	2.4	2.8	2.8	1.8
Mid Rise (4 to 7 stories)	N/A	N/A	+0.2	+0.4	N/A	+0.4	+0.4	+0.4	+0.4	+0.2	N/A	+0.2	+0.4	+0.4	0.0
High Rise (> 7 stories)	N/A	N/A	+0.6	+0.8	N/A	+0.8	+0.8	+0.6	+0.8	(+0.3)	N/A	+0.4	N/A	+0.6	N/A
Vertical Irregularity	-2.5	-2.0	-1.0	-1.5	N/A	-1.0	-1.0	-1.5	-1.0	(-1.0)	N/A	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
Plan Irregularity	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
Pre-Code	0.0	-1.0	-1.0	-0.8	-0.6	-0.8	-0.2	-1.2	-1.0	-0.2	-0.8	-0.8	-1.0	-0.8	-0.2
Post-Benchmark	+2.4	+2.4	+1.4	+1.4	N/A	+1.6	N/A	+1.4	+2.4	N/A	+2.4	N/A	+2.8	+2.6	N/A
Soil Type C	0.0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4
Soil Type D	0.0	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	(-0.4)	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6
Soil Type E	0.0	-0.8	-1.2	-1.2	-1.0	-1.2	-0.8	-1.2	-0.8	-0.8	-0.4	-1.2	-0.4	-0.6	-0.8
FINAL SCORE, S										0.5					

COMMENTS

Detailed Evaluation Required: (YES) NO

* = Estimated, subjective, or unreliable data
DNK = Do Not Know

BR = Braced frame
FD = Flexible diaphragm
LM = Light metal

MRF = Moment-resisting frame
RC = Reinforced concrete
RD = Rigid diaphragm

SW = Shear wall
TU = Tilt up
URM INF = Unreinforced masonry infill

شكل (٤-٢) نموذج إستمارة تحقق لمبنى

٤ -٢ طريقة التقييم التفصيلية 8Seismic Evaluation of Existing Buildings (ASCE 31-03)

تعتبر من أفضل الطرق الحديثة لتقييم المباني و فيها تم الجمع بين الطريقة الكيفية و الكمية من خلال ثلاث مراحل للتقييم المرحلة الأولى (Tier 1) مرحلة الفحص و هي مرحلة كيفية qualitative ويتم فيها طرح أسئلة تبين أوجه القصور المتوقعة في العناصر المختلفة لكل أنواع المباني عن طريقة قائمة التحقق (checklist) و حساب قوى القص و التحميل في العناصر المختلفة نتيجة الزلازل بمعادلات افتراضية اعتمادا على التصرف المرن للمبنى للتأكد من مطابقة العناصر الإنشائية و غير الإنشائية و الأساسات لاشتراطات مقاومة الزلازل. و تكون الإجابة على هذه الأسئلة بنعم أو لا و ذلك لمعرفة إذا كان المبنى آمن ضد الزلازل بصورة مبدئية أو المطلوب دراسة أعمق للأجزاء و العناصر التي لا تحقق الاشتراطات .

يوضح جدول (٤-١) قوائم التحقق المراد تطبيقها على المنشأ طبقا لشدة الزلازل بالمنطقة و مستوى التقييم حيث يتم تقييم كل المباني لتحقق أمان الأرواح (Life Safety LS) و للمباني الحيوية التي ينبغي استغلالها فور حدوث الزلازل مثل المستشفيات و محطات الحريق و المولدات يتم التقييم طبقا للاستغلال الفوري (Immediate Occupancy Performance Level IO) حيث نجد أنه في المناطق ذات الشدة المنخفضة يجب في المباني توافر مسار للحمل العرضي إلى التربة و عدم وجود مظاهر لهبوط للتربة و التأكد من عدم وجود دراوي طوب يزيد نسبة الارتفاع إلى العمق لها عن ٢.٥ و لمباني الحوائط الحاملة يجب ربط الحوائط الحاملة مع الأسقف لتجنب انهيار الحوائط خارج المستوى .

جدول (٤-١) قوائم التحقق المطلوبة لمرحلة التقييم الأولى

مستوى الشدة	مستوى التقييم	قوائم التحقق المطلوبة						
		الشدة المنخفضة	النظام الأساسي	العناصر الإنشائية المكملة	المخاطر الجيولوجية و القواعد	العناصر الغير إنشائية الأساسية	العناصر الغير إنشائية المتوسطة	العناصر الغير إنشائية المكملة
المنخفضة	LS	●						
	IO		●		●	●		
المتوسطة	LS		●		●	●		
	IO		●	●	●	●	●	
العالية	LS		●	●	●	●	●	
	IO		●	●	●	●	●	●

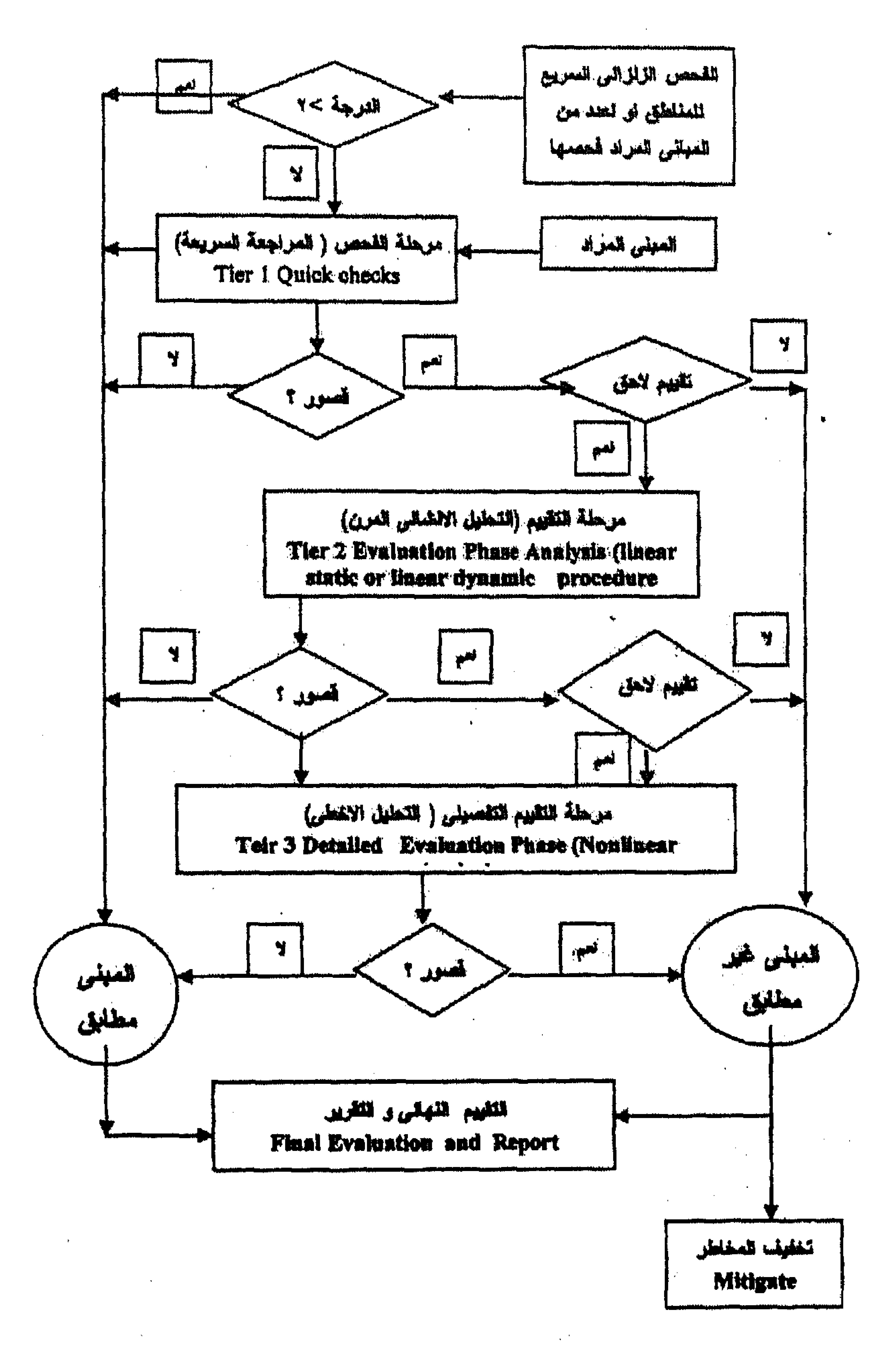
و للمباني في مناطق الشدة المتوسطة فيتم التحقق من مجموعة من البنود لتأكيد كفاءة النظام الإنشائي لأحمال الزلازل و تجنب المخاطر الجيولوجية و تجنب مخاطر العناصر الغير إنشائية الأساسية مثل الحوائط وفى المباني المهمة المراد تقييمها طبقا للاستغلال الفوري للشدة المتوسطة فيضاف إلى ما سبق التأكد من كفاءة العناصر الإنشائية المكملة لمقاومة الأحمال العرضية مثل أن تكون الإطارات بأعمدة قوية و كمرات ضعيفة و ذلك بأن يكون مجموع العزوم التي تتحملها الأعمدة تزيد ب ٢٠ % عن مجموع العزوم التي تتحملها الكمرات عند نفس الوصلة و التأكد من أن الأعمدة و الكمرات تشكل إطار ممطولي و ذلك بوجود حديد مستمر أعلى و أسفل الكمرة بطول رباط شد و كانات كثيرة عند أطراف الأعمدة و مستمرة داخل وصلة العمود بالكمرة و التحقق أيضا من كفاءة العناصر غير الإنشائية المتوسطة مثل الأسقف المعلقة و الواجهات الزجاجية و يلاحظ من جدول (٤-١) أن مراحل التحقق للاستغلال الفوري للشدة المتوسطة هي نفسها مراحل التحقق لأمان الأرواح للشدة العالية . و طبقا لتصنيف ASCE 30-31 تبلغ الشدة الزلزالية المنخفضة أقل من ٠.٠٦٧ من عجلة الجاذبية و المتوسطة من ٠.٠٦٧ – ٠.٢من عجلة الجاذبية و العالية أعلى من ٠.٢ من عجلة الجاذبية.

وفي حالة اجتياز قوائم التحقق يصبح المبنى مطابق زلزاليا وفي حالة عدم مطابقة أي من هذه العناصر يتم تدعيم هذا العنصر أو الدخول لمرحلة أدق و هي المرحلة الثانية Tier 2 Evaluation Phase و فيها يتم عمل تحليل مرن للمبنى تحت تأثير القوى العرضية لمعرفة قيم القوى و الإزاحات المؤثرة على عناصر المبنى و مقارنتها بأقصى قيم مسموح على أن يتم تخفيض الأحمال بمقدار m factor مراعاة للممطولية. و يتم القبول في هذه المرحلة بصورة كمية

(quantitative) للعناصر التى لم تحقق اشتراطات المرحلة الأولى. و فى حالة عدم مطابقة المرحلة الثانية يتم تدعيم المبنى أو اللجوء لعمل تحليل لاخطي للمبنى .

٤-٣ التقييم الزلزالي للمباني بمصر

يبين التخطيط الانسيابي شكل (٤-٣) الأسلوب المقترح للتقييم الزلزالي للمباني القائمة في مصر حيث يبدأ التقييم بمرحلة الفحص السريع طبقًا للاستمارة المقترحة (شكلي ٤-٤، ٤-٥) للمباني الخرسانية و مباني الحوائط الحاملة و هي طريقة سريعة يمكن استخدامها كطريقة إحصائية لتحديد المباني التي لها أولوية للتقييم و ذلك للمناطق المراد عمل تقييم للمباني فيها. و المباني التي لم تحقق كفاءة لمقاومة زلزالية من الفحص البصري السريع و كذلك المنشات المهمة يتم اللجوء للتقييم التفصيلي طبقا ل ASCE 30-31 و يتكون من ثلاث مراحل أولها مراجعة سريعة و في حالة مطابقة المبنى للمراجعة السريعة يكون المبنى آمن و في حالة وجود قصور في مقاومة المبنى للزلازل يلزم إما تخفيف المخاطر بعمل تدعيم أو الدخول لمرحلة التقييم التحليلي للمبنى للتأكد من أمان المبنى و في حالة عدم المطابقة يلزم إما تدعيم المبنى أو تحليل لاخطي للمبنى و بعدها يتم إعداد تقرير بتحديد أمان المبنى أو إزالة الخطورة بتدعيم العناصر الضعيفة ضد الزلازل و ذلك بعد حساب الجدوى الاقتصادية أو تغيير استعماله.



شكل (٤-٣) التخطيط الانسيابي المقترح للتقييم الزلزالي للمباني القائمة في مصر

٤-٤ التقييم الزلزالى للمدارس بمصر

النظام الانشائى لمعظم المبانى التعليمية يتكون من الهيكل الخرسانى المسلح و هناك عدد من المدراس بنظام الحوائط الحاملة و يمكن تقسم هذه المبانى بصورة عامة الى

١- مدارس قديمة

أ- التى تم بنائها قبل عام ١٩٥٠و عدد كبير منها من الحوائط الحاملة و عامل الزمن مؤثر على معظمها

ب-مبانى تم بنائها فى فترة الخمسينات و الستينات من القرن الماضى و معظم هذة المبانى من الخرسانة المسلحة و حالة هذه المبانى بصفة عامة جيدة

ج- مبانى و التى تم بنائها فى فترة السبعينات و الثمانينات من القرن الماضى.و كان الاشراف على هذه المدارس من المحليات و التى لم يراعى فى البعض منها الاصول الفنية فى التنفيذ.

٢ – مدارس جديدة

المبانى التى تم انشائها منذ ١٩٩٠ و قد حدثت الطفرة فى عدد المدارس مع المشروع القومى لانشاء المدارس و الذى بدء بعد زلزال ١٩٩٢ و قد روعى فى هذه المدارس التصميم و الاشراف الجيد و اشتراطات الكود.

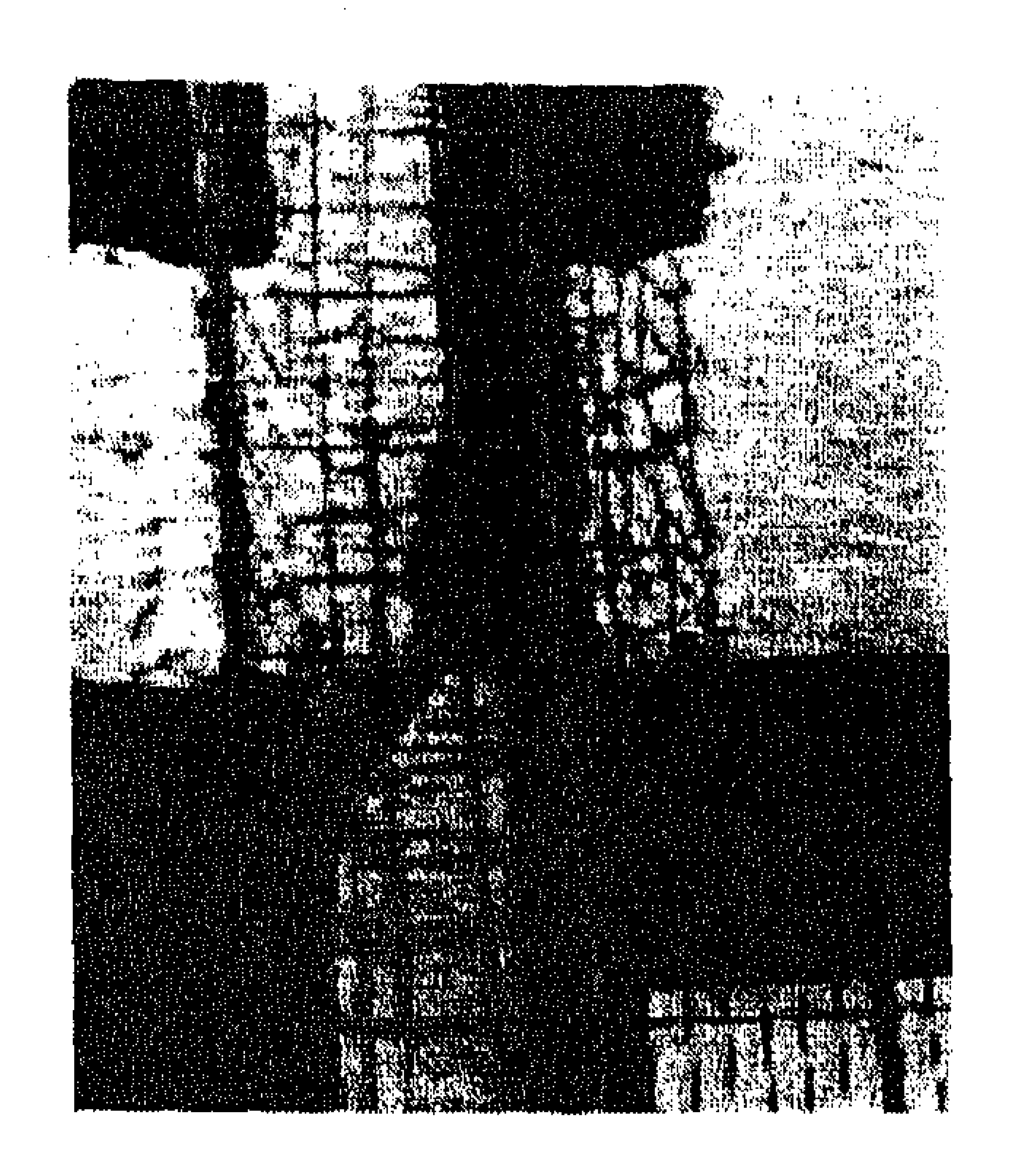
رغم أنه لم يحدث انهيارات كلية للمدارس من زلزال القاهرة ١٩٩٢ الا انه كانت المدارس القديمة من أكثر المبانى تضررا من زلزال القاهرة ١٩٩٢ بالإضافة إلى أن التلاميذ كانوا من أكثر الضحايا و ذلك لأنه لم يكن لدى المدرسين فضلا عن التلاميذ أدنى معرفة للتصرف الأمثل أثناء حدوث الزلزال مما أدى لاندفاعهم نحو الطرقات و السلالم ولضعف بعض كوبستات الطرقات فسقطت بهم فى الفناء كما

أدى وجود سلم واحد بأغلب المدارس إلى تكدس التلاميذ مما تسبب بوفاة بعضهم تحت أقدام زملائهم.

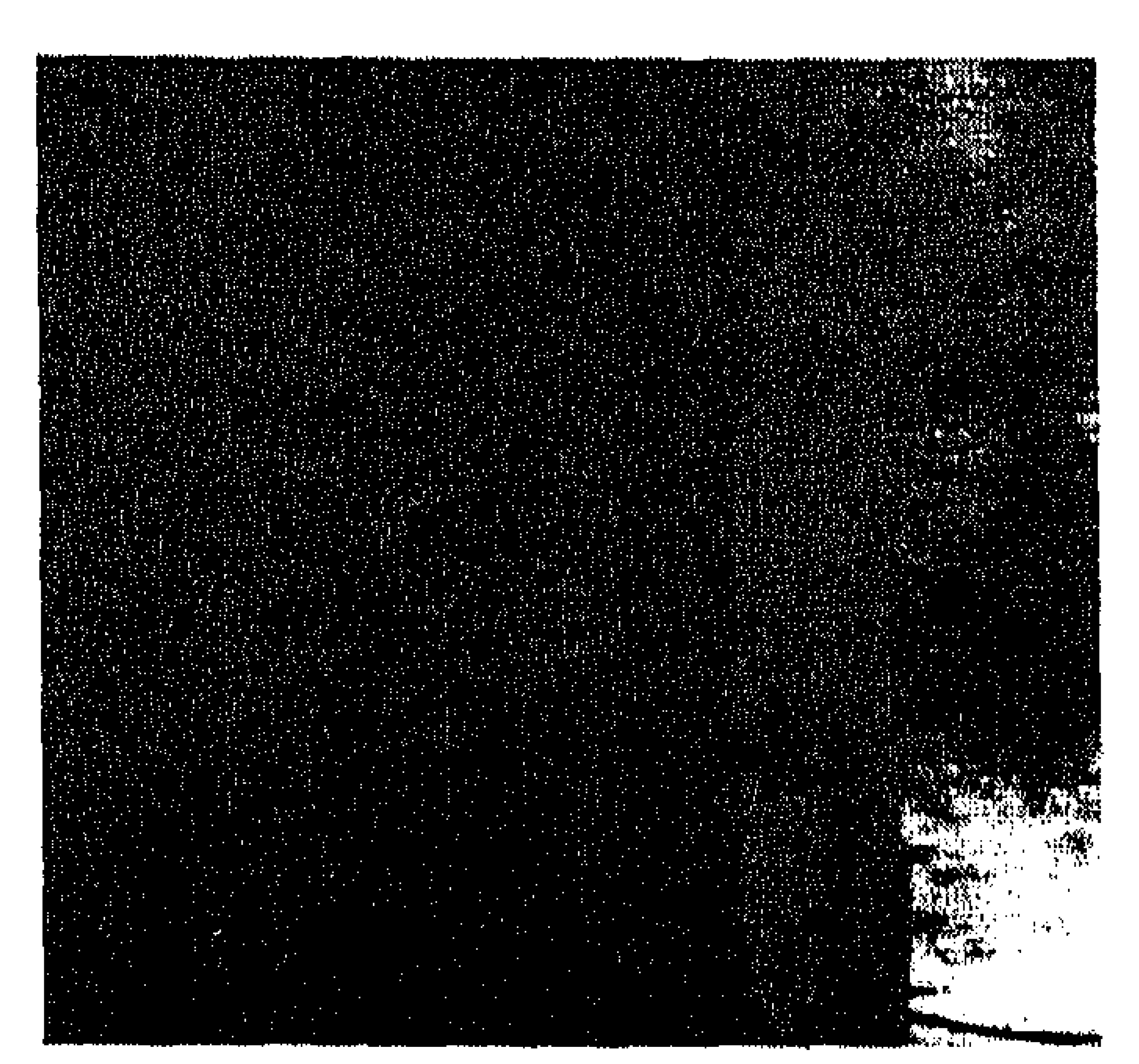
و كان المركز السطحى لزلزال ١٢ اكتوبر ١٩٩٢ يقع فى منطقة العياط بمحافظة الجيزة جنوب غرب القاهرة بنحو ٣٥ كم و بلغ مقداره الزلزالى نحو ٥.٨ درجة على مقياس ريختر و تبع الهزة الرئيسية عدد من الهزات اللاحقة (التوابع) و بلغ المقدار الزلزالى لاكبرها نحو ٤.٧ درجة على مقياس ريختر.

و تعرضت أعمدة الدور الأرضى لبعض المدارس القديمة للشروخ و الكسور، شكل (٤-٦)، حيث نجد أن هذه المدارس مصممة لتحمل القوى الرأسية فقط و لا تحقق مواصفات التصميم المقاوم للزلازل حيث أن الكمرات قوية والأعمدة ضعيفة خصوصا فى الاتجاه الطويل وكذلك عدم وجود كانات فى منطقة اتصال الكمرات بالأعمدة وقلة كانات الأعمدة مما يجعلها غير قادرة على مقاومة الزلازل بالاضافة الى ضعف مقاومة الخرسانة.

و لتطبيق التقييم الزلزالى للمدارس القديمة و التى تبلغ نسبتها حوالى ٤٠ % من اجمالى عدد المدارس فى مصر فقد تم اختيار نموذج يمثل المبانى الهيكلية و نموذج يمثل المدارس المنشاة بنظام الحوائط الحاملة و التى تمثل حوالى ٥ % من اجمالى عدد المدارس فى مصر و طبقا للتخطيط الانسيابى نبدا باجراء الفحص السريع طبقا للاستمارة المقترحة و التى تم عملها للمبانى الخرسانية و الحوائط الحاملة اعتمادا على الشدة الزلزالية البسيطة و المتوسطة









شكل (٤-٦) بعض المدارس القديمة بمحافظة الفيوم بعد زلزال القاهرة ١٩٩٢

و بافتراض أن النموذجين فى منطقة متوسطة الشدة و بالتقييم السـريع للمدرسـة الهيكلية تصبح

الدرجة الكلية = الدرجة الاساسية + التعديلات

= ٣.٢(مبانى خرسانية مملوءة بحوائط)

– ١.٠ (التنفيذ قبل الكود)

– ٠.٦ (بافتراض أن التربة كثيفة)

= ١.٦ أقل من ٢

و بالتالى يحتاج الى تقييم تفصيلى

و بخصوص المدرسة المنشأة بنظام الحوائط الحاملة بسمك ٢٥ سم تصبح الدرجة الكلية = ٣.٤(مبانى حوائط حاملة)

–٠.٤ (التنفيذ قبل الكود)

– ٠.٤ (بافتراض أن التربة كثيفة)

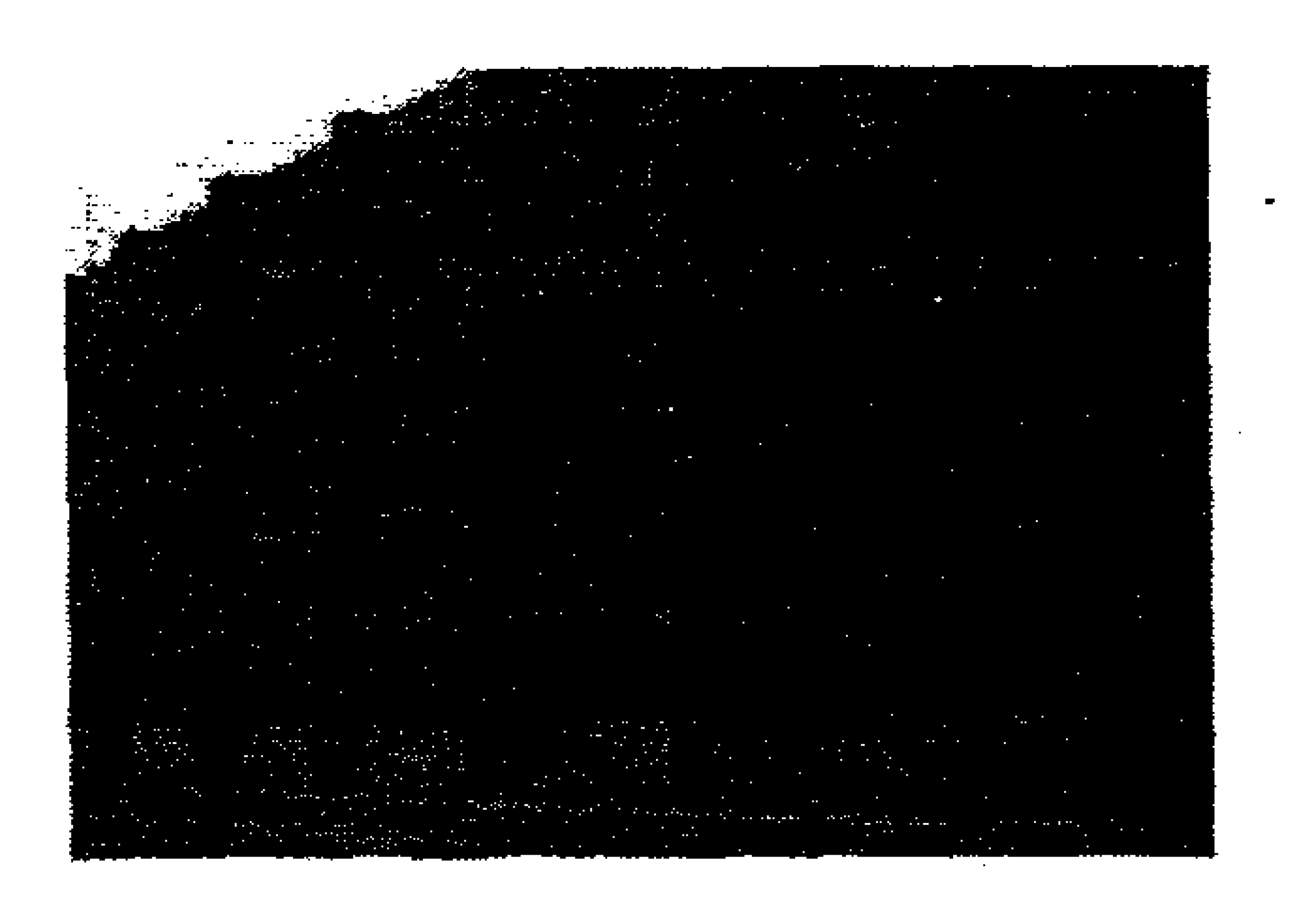
– ٠.٥ (عدم الانتظام الافقى)

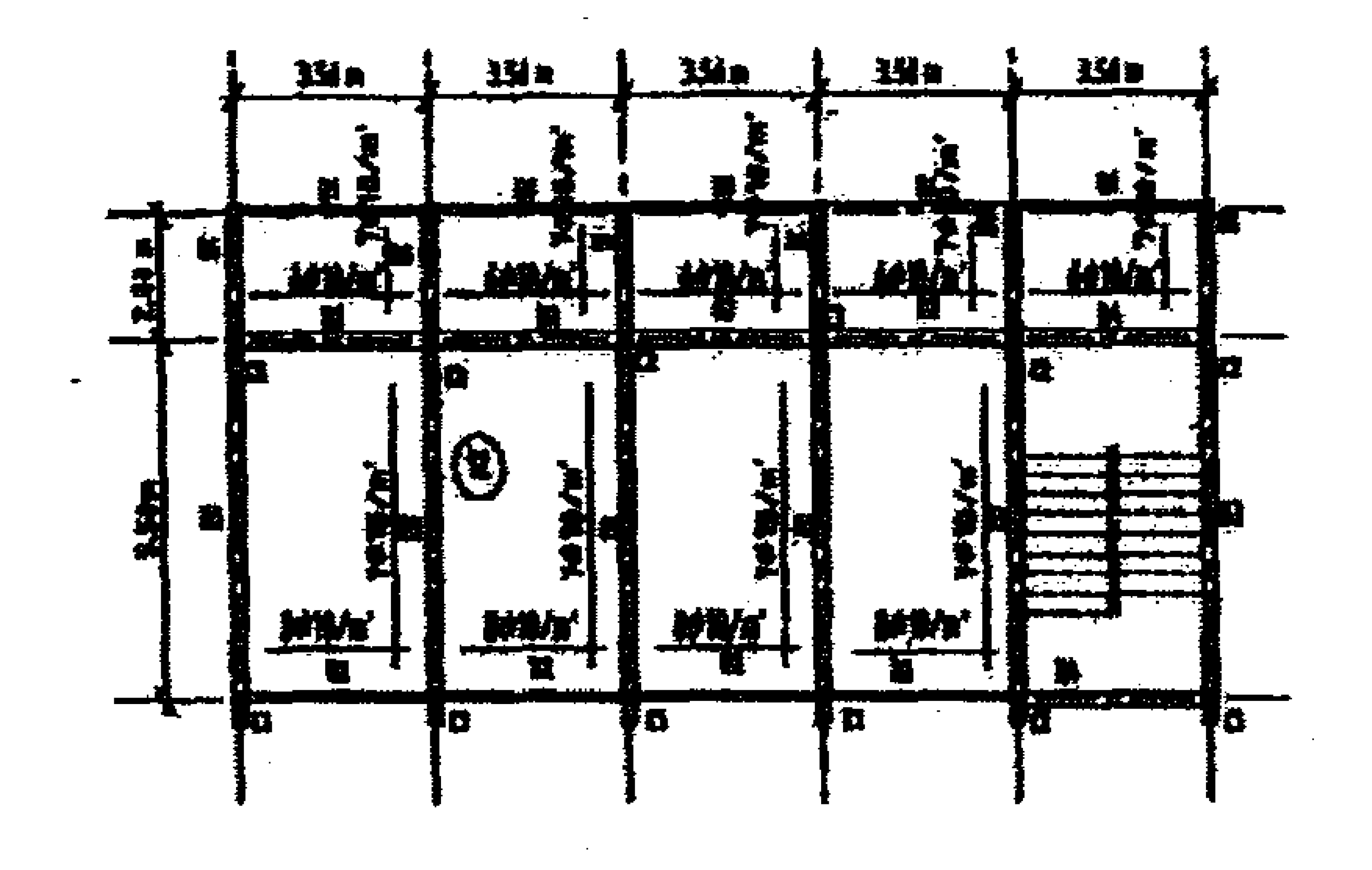
= ٢.١ أكثر من ٢

و بالتالى لا يحتاج الى تقييم تفصيلى

العنوان : اسم المبنى : عدد الأدوار : تاريخ البناء : القائم بالفحص:

مساحة الدور:





نوع المبنى	الدرجة الأساسية - التعديلات - الدرجة النهائية							
	شدة منخفضة (٠.٠٠ - ٠.١٠ من عجلة الجاذبية)				شدة متوسطة (٠.١٠ - ٠.٢٥ من عجلة الجاذبية)			
	مباني خرسانية مسلحة			مباني من الحوائط الحاملة	مباني خرسانية مسلحة			مباني الحوائط الحاملة
	C1 MRF	C2 SW	C3 URM INF	URM	C1 MRF	C2 SW	C3 URM INF	URM
الدرجة الأساسية	٤.٤	٤.٨	٤.٤	٤.٦	٣.٠	٣.٦	٣.٢	٣.٤
متوسط الارتفاع (٤-٧ دور)	+٠.٤	-٠.٢	-٠.٤	-٠.٦	+٠.٢	+٠.٤	+٠.٢	-٠.٤
عالي الارتفاع (> ٧ دور)	+١.٠	٠.٠	-٠.٤	ـــــ	+٠.٥	+٠.٨	+٠.٤	ـــــ
عدم الانتظام الرأسي	-١.٥	-٢.٠	-٢.٠	-١.٥	-٢.٠	-٢.٠	-٢.٠	-١.٥
عدم الانتظام الأفقي	-٠.٨	-٠.٨	-٠.٨	-٠.٨	-٠.٥	-٠.٥	-٠.٥	-٠.٥
تم التنفيذ قبل الكود	ـــــ	ـــــ	ـــــ	ـــــ	-١.٠	-٠.٤	-١.٠	-٠.٤
حالة المبنى (شروخ، هبوط ، انهيار)	-٠.٥	-٠.٥	-٠.٥	-٠.٥	-٠.٥	-٠.٥	-٠.٥	-٠.٥

نوع التربة C (تربة كثيفة)	-٠.٦	-٠.٤	-٠.٤	-٠.٤	-٠.٦	-٠.٨	-٠.٦	-٠.٤
نوع التربة D (تربة متوسطة)	-١.٤	-٠.٨	-٠.٨	-٠.٨	-١.٠	-١.٢	-١.٠	-٠.٨
نوع التربة E (تربة سائبة)	-٢.٠	-٢.٠	-٢.٠	-١.٤	-١.٦	-١.٦	-١.٦	-١.٦
الدرجة النهائية	١.٦							
التعليق					مطلوب تقييم تفصيلى نعم لا			

C1 (MRF) = Moment resisting frame C2 (SW) = Concrete shear wall buildings C3 (URM INF) = Concrete frame buildings with unrienforced masonry infill wall A Hard rock no modification B Avg. rock no modification C Dense soil D Stiff soil E Soft soil (F poor soil detailed evaluation)

شكل(٤-٤) استمارة التقييم السريع لمدرسة هيكلية قديمة

العنوان : اسم المبنى : عدد الأدوار : تاريخ البناء:

القائم بالفحص: مساحة الدور :

نوع المبنى	الدرجة الأساسية – التعديلات – الدرجة النهائية							
	شدة منخفضة (٠.٠ – ٠.١٠ من عجلة الجاذبية)				شدة متوسطة (٠.١٠ – ٠.٢٥ من عجلة الجاذبية)			
	مباني خرسانية مسلحة			مباني من الحوائط الحاملة	مباني خرسانية مسلحة			مباني الحوائط الحاملة
	C1 MRF	C2 SW	C3 URM INF	URM	C1 MRF	C2 SW	C3 URM INF	URM
الدرجة الأساسية	٤.٤	٤.٨	٤.٤	٤.٦	٣.٠	٣.٦	٣.٢	٣.٤
متوسط الارتفاع (٤–٧ دور)	+٠.٤	-٠.٢	-٠.٤	-٠.٦	+٠.٢	+٠.٤	+٠.٢	-٠.٤
عالي الارتفاع (> ٧ دور)	+١.٠	٠.٠	-٠.٤	—	+٠.٥	+٠.٨	+٠.٤	—
عدم الانتظام الراسي	-١.٥	-٢.٠	-٢.٠	-١.٥	-٢.٠	-٢.٠	-٢.٠	-١.٥
عدم الانتظام الافقي	-٠.٨	-٠.٨	-٠.٨	-٠.٨	-٠.٥	-٠.٥	-٠.٥	-٠.٥
تم التنفيذ قبل الكود	—	—	—	—	-١.٠	-٠.٤	-١.٠	-٠.٤
حالة المبنى (شروخ، هبوط ، انهيار)	-٠.٥	-٠.٥	-٠.٥	-٠.٥	-٠.٥	-٠.٥	-٠.٥	-٠.٥

نوع التربة C (تربة كثيفة)	-٠.٦	-٠.٤	-٠.٤	-٠.٤	-٠.٦	-٠.٨	-٠.٦	-٠.٤
نوع التربة D (تربة متوسطة	-١.٤	-٠.٨	-٠.٨	-٠.٨	-١.٠	-١.٢	-١.٠	-٠.٨
نوع التربة E (تربة سائبة)	-٢.٠	-٢.٠	-٢.٠	-١.٤	-١.٦	-١.٦	-١.٦	-١.٦
الدرجة النهائية	٢.١							
التعليق	مطلوب تقييم تفصيلى نعم لا							

C1 (MRF) = Moment resisting frame C2 (SW)= Concrete shear wall buildings
C3 (URM INF) = Concrete frame buildings with unrienforced masonry infill wall, A Hard rock no modification B Avg. rock no modification C Dense soil D Stiff soil E Soft soil (F poor soil detailed evaluation)

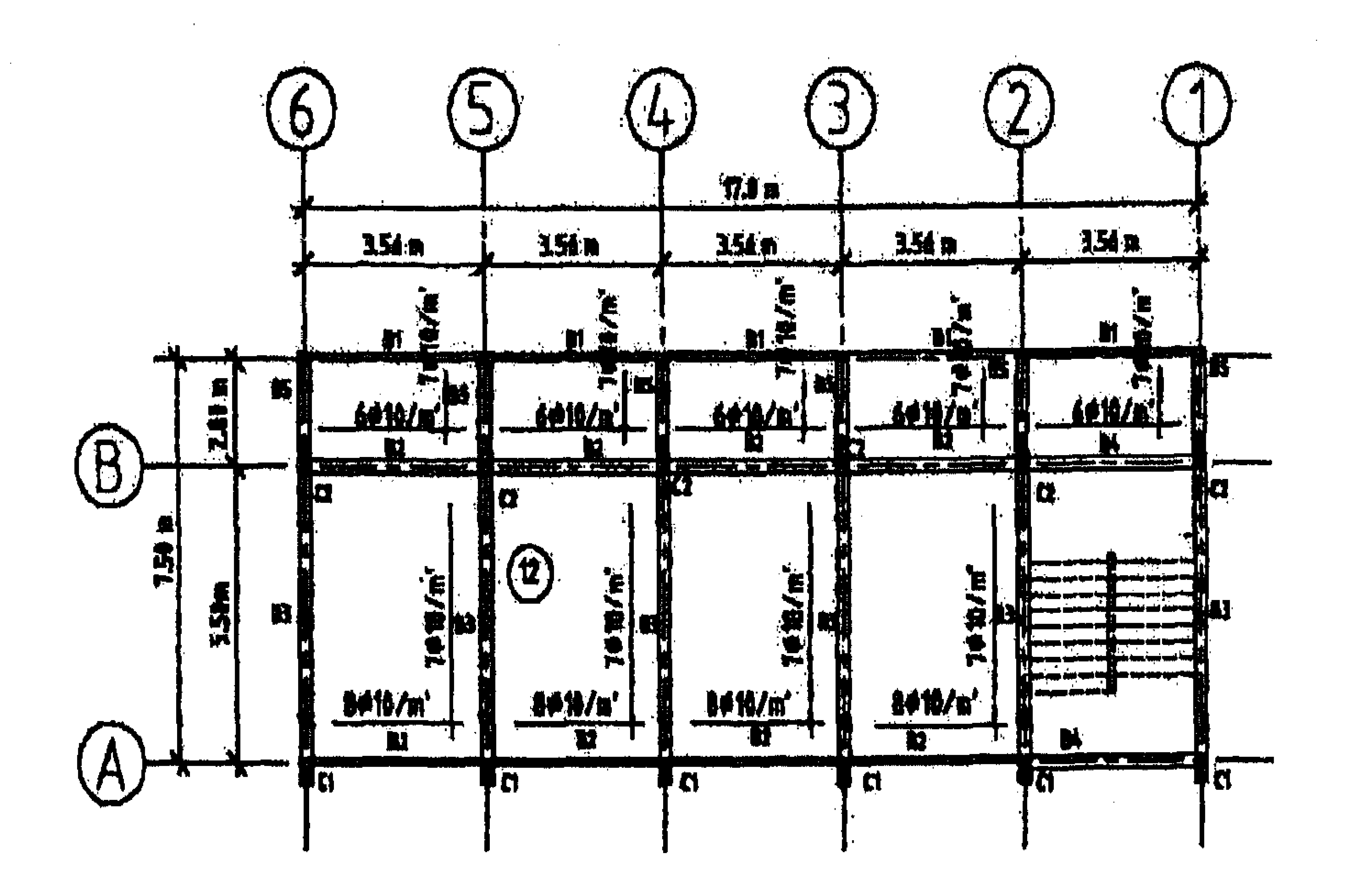
شكل (٤-٥) استمارة التقييم السريع لمدرسة حوائط حاملة قديم

طريقة التقييم التفصيلى

يوضح شكل (٤-٧) النظام الإنشائى المقاوم للأحمال العرضية و الذى يتكون من إطارات غير ممطولية فى الإتجاهين و إرتفاع الأدوار ٣.٣ م و إرتفاع الدور الأرضى ٤.٠ م و حوائط المبنى من الطوب المفرغ.

المرحلة الاولى

اول مرحلة للتقييم Tier 1 و فيها يتم تحديد القصور و الغرض منها مراجعة سريعة للمبنى للتاكد من مدى مطابقته لاشتراطات مقاومة الزلازل و ذلك لعناصر المنشا ككل و الأساسات و العناصر الغير انشائية حيث توجد بعض الشروط و التى يتم تحديد المطابقة (مطابق م غير مطابق غ لا يوجد لا)



جدول الكمرات

النموذج	الأبعاد	الحديد السفلى العدل	الحديد السفلى المكسح	الحديد العلوى
ك ١	٦٢*١٢	٢ φ ١٣	٢ φ ١٣	٢ φ ١٣
ك ٢	٩٢*١٢	٢ φ ١٣	٢ φ ١٣	٢ φ ١٣
ك ٣	٧٠*٢٥	٤ φ ١٦	٤ φ ١٦	٢ φ١٣
ك ٤	٥٠*٢٥	٤ φ ١٦	٢ φ ١٦	٣ φ ١٣
كا ١	٧٠*٢٥	٢ φ ١٦	--	٨ φ ١٦

جدول الاعمدة

النموذج	الدور الأرضى و الاول والثانى تسليح	الدور الأرضى و الاول والثانى ابعاد
ع ١	٨ φ ١٣	٥٠*٢٥
ع ٢	٨φ١٦	٦٠*٢٥

كانات الأعمدة و الكمرات ٥ φ ٨/ م

شكل (٤-٧) المسقط الأفقى و التسليح لنموذج مدرسة قديمة

النظام الانشائى للمبنى

		مطابق	غيرمطابق	لايوجد
١- مسار الحمل	يجب ان يكون هناك مسار واحد على الأقل لنقل احمال الزلازل الى القواعد	م	غ	لا
٢- دور الميزانين	يجب ان يكون الميزانين مدعم بشكل مستقل عن النظام الاصلى او مربوط مع عناصر المقاومة الافقية	م	غ	لا
٣- الدور الضعيف	مقاومة العناصر المقاومة للاحمال الافقية فى اى دور لا تقل عن ٨٠ % من مقاومة الدور العلوى و السفلى له	م	غ	لا
٤- الدور اللين	جساءة النظام المقاوم للاحمال العرضية لا يقل عن ٧٠ % من جساءة الدور العلوى و السفلى	م	غ	لا
٥- الشكل	لا يوجد تغيير فى الابعاد الافقية للعناصر المقاومة للقوى العرضية بنسبة لا تزيد عن ٣٠% بالنسبة للادوار اللاحقة	م	غ	لا

٦- عدم الانتظام | يجب ان تكون العناصر الراسية مستمرة الى القواعد | م | غ | لا

٧ – الكتلة | يجب الا تكون الكتلة اكثر من ٥٠ % من الدور الذى يليه | م | غ | لا

٨- عزم اللى | المسافة بين مركز الكتلة و مركز الجساءة تكون اقل من ٢٠% من عرض المبنى | م | غ | لا

٩- تدهور الخرسانة | يجب الا يكون هناك تدهور ظاهر فى الخرسانة او الحديد فى العناصر الرأسية و العناصر المقاومة للقوى العرضية | م | غ | لا

النظام المقاوم للقوى العرضية

١٠ – الوفرة | عدد الاطارات فى كل اتجاه للمبنى لا يقل عن ٢ و عدد البواكى فى كل اطار اكبر من او يساوى ٢ | م | غ | لا

١١- اجهاد القص | اجهاد القص فى الاعمدة لا يزيد عن ٧ كجم / سم^{٢} | م | غ | لا

(اجهاد القص طبقا للمعادلة = ٣.٢ كجم / سم^{٢} فى الاتجاه الصغير و ١.٩٢ كجم / سم^{٢} فى الاتجاه الطويل

$$v_j^{avg} = \frac{1}{m}\left(\frac{n_c}{n_c - n_f}\right)\left(\frac{V_j}{A_c}\right)$$

v_j = متوسط اجهاد القص فى الأعمدة

n_c = العدد الكلى للأعمدة

n_f = عدد الاطارات فى اتجاه الحمل

A_c = مجموع مساحات قطاعات الأعمدة للدور المراد حساب الجهاد له

V_j = قوى القص عند الدور طبقا للكود

m = معامل تعديل = ٢ لمستوى حماية الارواح = ١.٣ لمستوى الاستغلال الفورى

١٢ – اجهاد التحميل اجهاد التحميل نتيجة للاحمال الراسية م غ لا

مع وجود عزم الانقلاب

يجب الا يزيد عن $0.1 f_c$

اجهاد التحميل للعمود النهائى فى الاطار = ٤.٣ كجم / سم٢

أقل من $0.1 f_c$

$$p_{ot} = \frac{1}{m}\left(\frac{2}{3}\right)\left(\frac{Vh_n}{Ln_f}\right)\left(\frac{1}{A_{col}}\right)$$

p_{ot} = اجهاد التحميل فى الأعمدة الطرفية عند الاساس للاطارات نتيجة عزم الانقلاب

h_n = الارتفاع الكلى للمبنى

L = الطول الكلى للاطار

n_f = عدد الاطارات فى اتجاه الحمل

A_{col} = مساحة اخر عمود فى الاطار

V = قوى القص العرضية

m = معامل تعديل = ٢ لمستوى حماية الارواح = ١.٣ لمستوى الاستغلال الفورى

حالة التربة و القواعد

التميع	التربة الخشنة المشبعة بالمياة يجب ان لا تكون موجودة الى عمق ١٥ م	م	غ	لا
القواعد	دم وجود تدهور او صدأ او هبوط بالقواعد	م	غ	لا

العناصر الغير انشائية

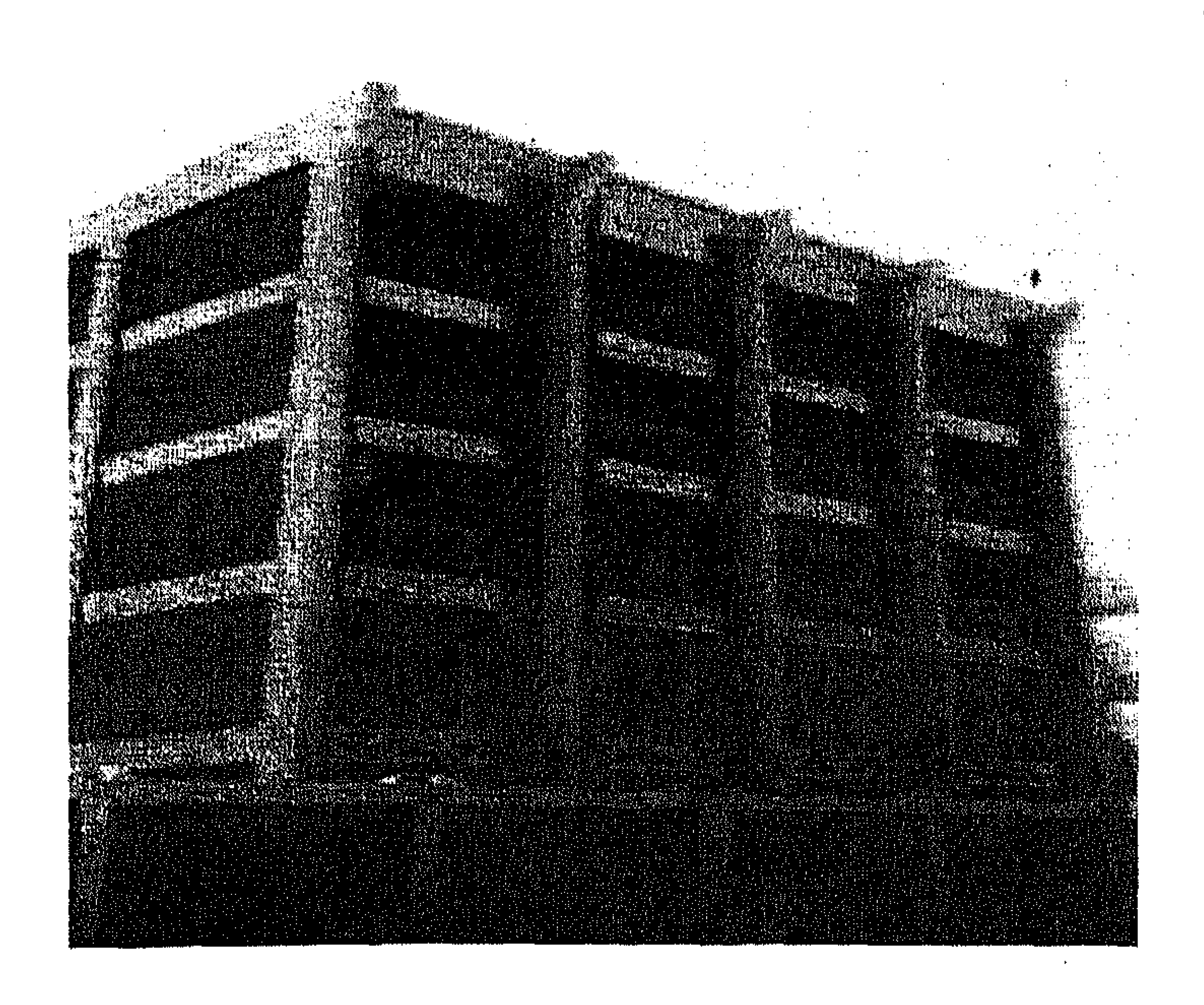
الحوائط	الحوائط الطوب الفاصلة تدعم على مسافات تقل عن ٣.٥ م و التأكد من عدم وجود حوائط طوب يزيد ارتفاعها الى عمقها عن ٢.٥	م	غ	لا

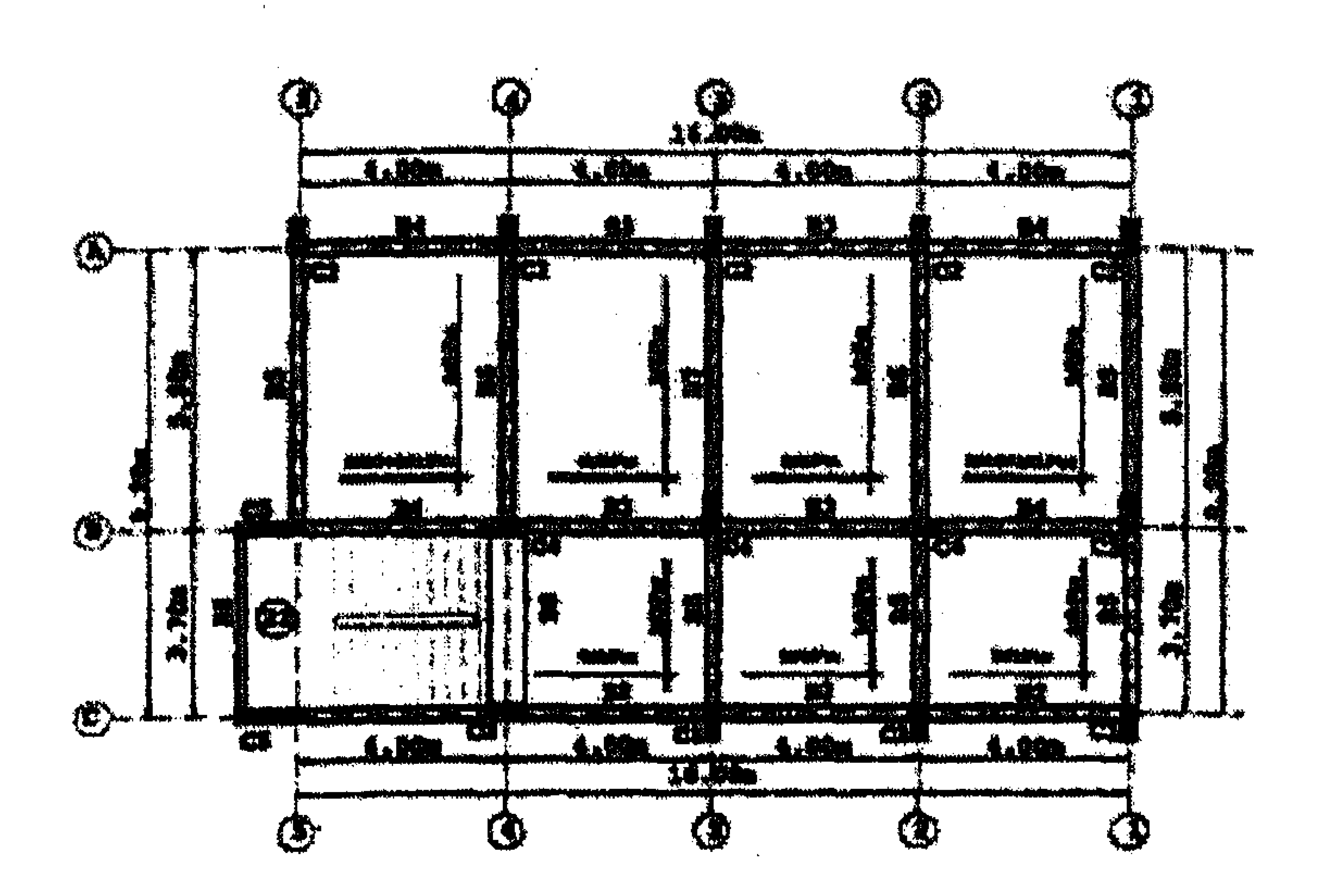
مظاهر القصور فى المرحلة الاولى فى هذا النموذج هى الوفرة حيث تتكون الاطارات من باكية و احدة فى الاتجاة القصير و كوبستات الطرقات من الطوب بسمك قليل مما يلزم الدخول فى المرحلة الثانية و لكن فى هذه المرحلة يتم عمل تحليل انشائى للمبنى للتأكد من كفاءة المبنى و يجب ايضا معرفة جهد التربة و ذلك بعمل جسة فى حالة عدم وجود تقرير للجسات و مقاومة الخرسانة و ذلك باجراء اختبارات على خرسانة الموقع و رفع قطاعات العناصر و إجراء اختبارات لمعرفة شكل حديد التسليح فى حالة عدم وجود لوحات للمبنى بمعنى انه يتم عمل سلامة انشائية كاملة للاحمال الراسية و الاحمال الجانبية و التى يتم حسابها طبقا للكود و لكن يتم تخفيض القوى العرضية لتكون بنسبة ٧٠ % من أحمال الكود

و ذلك لان معامل الأمان للمبنى القائم يقل عن عن معامل الأمان لتصميم مبنى مزمع انشاؤة بالاضافة الى ان العمر الافتراضى للمبنى القائم يقل عن العمر الافتراضى للمبنى المزمع إقامته.

و على ضوء الازاحات العرضية و القوى المتولدة بالعناصر نتيجة الاحمال الراسية و احمال الزلازل تقارن باقصى احمال تتحملها العناصر و تقارن الازاحات باقصى ازاحات بين الادوار طبقا للكود. و فى حالة قدرة العناصر لتحمل الاحمال المتوقعة و عدم زيادة الازاحات عن الحدود يصبح المبنى أمن و فى حالة عدم حدوث ذلك يتم تدعيم المبنى او الدخول فى المرحلة الثالثة و هى التحليل اللاخطى للمبنى عن طريق مختصين.

و بدراسة التصميم الإنشائى لنموذج يمثل المدارس الجديدة شكل (٤- ٨) نلاحظ الإلتزام بمواصفات التصميم المقاوم للزلازل من حيث الشكل العام و التفاصيل و تلافى العيوب الموجودة فى المدارس القديمة و ذلك من خلال توسيع الطرقات و السلالم و وجود سلالم بحد ادنى اثنين فى كل مدرسة و عمل كوبستات الطرقات من الخرسانة المسلحة مع عمل فواصل زلزالية لتجنب عدم الانتظام الافقى و تجنب عدم الانتظام الراسى باستمرار عناصر المبنى الى نهايته و عدم تقليل قطاعات الاعمدة فى الادوار العلوية كذلك تم عكس اتجاهات الاعمدة حتى لا تكون فى اتجاة واحد بالاضافة الى تطبيق اشتراطات الكود لتحقيق الممطولية فى الاعمدة و الكمرات و زيادة الكانات اعلى و اسفل الاعمدة و استمرارها داخل الوصلات و الاهتمام بجودة الخرسانة.





شكل(٤-٨)   الواجهة و المسقط الافقى لنموذج مدرسة جديدة فى مصر



الفصل الخامس



التنبؤ بالزلازل

بالرغم أن الزلازل ظاهرة طبيعية مرتبطة بالعمليات الجيولوجية التي تحدث في جوف الأرض، فأن التنبؤ بوقوع الزلازل ما يزال غير مؤكد، ولم يتم التوصل فيه إلى نتائج يعول عليها حتى الآن. حيث تعدُّ الزلازل ظاهرة فريدة من نوعها في قائمة الكوارث الطبيعية، من حيث كونها لا تصدر تحذيرا على الإطلاق قبل وقوعها و على مر السنين، حاول العلماء العثور على جزء من إشارة منذرة حتى ولو كانت ضعيفة تسمح للمتنبئين بحدوث الزلازل بأن يحددوا وبدقة أين ومتى ستحدث الزلازل الكبرى، مما يبعد الناس عن الأذى. وبعد عقود في البحث مضت عبثا يشكك الكثير من علماء الزلازل الآن في وجود مثل هذه الإشارة. و مع ذلك فأنه يمكن بصورة عامة التعرف على مكان وشدة الهزات الأرضية المتوقع حدوثها في منطقة ما على سطح الأرض، وذلك من دراسة التاريخ الزلزالي للمنطقة وجيولوجيتها.

و يتوقف مستقبل ونجاح التنبؤ بالزلازل على مدى نجاح العلماء في موضوعين هما:

١- إمكانية تحديد المواقع المختلفة في صخور القشرة الأرضية الواقعة تحت قوى الإجهاد والتي بلغت فيها الصخور إلى الحد الحرج الذي تنهار بعده الصخور وتقع الزلزلة.

٢- إمكانية تحديد بداية تصدع وتمزق الصخور تحت سطح الأرض بسبب الإجهاد، والتي تسبق التصدع الرئيسي المسئول عن تحرر طاقة الإجهاد المختزنة في الصخور ووقوع الزلزلة.

وتعد المواقع التي لم تقع فيها زلازل على حواف الألواح التكتونية مناطق مستمرة في اختزان طاقة الإجهاد الواقعة عليها بسبب حركة الألواح. وتظل تختزن طاقة الإجهاد إلى حد معين مرتبط بطاقة الصخور ومقاومتها للانهيار وبعد ذلك الحد

تنهار الصخور وتتحرر منها الطاقة المختزنة على هيئة موجات ذبذبية أو زلازل تناسب شدتها مع الطاقة المتحررة. ويمكن تحديد مواقع الثغرات الزلزالية برسم مواقع الصخور التي تشققت في الزلازل الكبيرة، ومن هنا تأتي أهمية رصد وتسجيل توابع الزلازل.

وللصين سجل حافل بموضوع التنبؤ بالزلازل لاعتبارات عديدة أولها وقوعها فوق نطاق زلزالي شديد النشاط وأنها فقدت أكثر من مليونين من أبنائها في حوادث الزلازل التاريخية، ونظام بناء المساكن المتبع في كثير من قراها ومدنها يساعد على زيادة خسائر الزلازل وضحاياها، ومعظم المباني في الصين مقامة بالطوب ضعيف التحمل، والحجارة والطين، ولمعظم البيوت أسقف ثقيلة، وبعضها محفور كالكهوف في سفوح التلال. وبالطبع تصعب إعادة بناء نحو ثلث مباني الصين بأسلوب يقاوم الزلازل لاعتبارات اقتصادية، وبالتالي تشجع الإدارة الصينية العلماء فيها على تطوير أسلوب وبرنامج ناجح للتنبؤ بالزلازل حتى يمكن تحذير المواطنين وتقليل خسائر الزلازل بقدر الإمكان.

و كما سبق فان تحديد زمن ومكان وقوع الزلازل قبل حدوثها هو عملية صعبة ولعل عملية التنبؤ الناجحة الوحيدة التى حدثت حتى الان هى التى وقعت فى الصين (هايشنج). وربما يعود بنجاح ذلك إلى أن علماء الصين لاحظوا حدوث هزات أرضية فى المناطق المجاورة خلال اعوام ١٩٦٦ ، ١٩٦٧ ، ١٩٦٩ و كان التوزيع الجغرافى لمراكز الزلازل يتركز حول مدينة هايشنج مما دعى العلماء الى توقع زلازل ذات قوة ٥ – ٦ من مطلع السبعينات و على اثر ذلك تم تكثيف شبكات الرصد الزلزالى فى المنطقة و فى بداية ١٩٧٥ بدأت تلك الشبكات فى تسجيل نشاط زلزالى خفيف ومتواصل و رجح العلماء من خلاله أن تلك الهزات تسبق الزلزال المتوقع و فى يوم ٤ فبراير ١٩٧٥ أعلن للناس عامة أن زلزالا قويا سيحدث خلال

٢٤ ساعة و خرج الناس إلى الحقول و فى الساعة ٧.٣٦ وقع زلزال ٧.٣ درجة و احدث دمارا هائلا و لكن الخسائر البشرية كانت محدودة ولكن على الرغم نجــاح هذا التنبؤ إلا أن العلماء الصينيين أنفسهم فشلوا فى التنبــؤ بزلــزال تانجشــتان ١٩٧٦.(٢٥)

٥-١ المؤشرات التى تسبق عادة حدوث الزلازل

مؤشرات طويلة الأمد

من خلال دراسة الشواهد الجيولوجية و التكتونية الدالة على نشاط زلزالــى قــديم يمكن تحديد تكرارية حدوث هذا الزلزال

مؤشرات متوسطة الأمد

أ – التغير فى سرعة الموجات الزلزالية

يؤدى تراكم الاجهادات فى منطقة ما الى تغير الصفات الطبيعيــة للطبقــات تحت السطحية مما يؤثر على سرعة الموجات

ب – التغير فى معدل النشاط الزلزالى فى المنطقة

فى كثير من الأحيان يلاحظ ان الزلازل القوية تكون مسبوقة بحدوث العديــد من الهزات الثانوي

ج – تولد وانطلاق غاز الرادون.

ويظل هذا الغاز محبوسا في مسام الصخور، فإذا تعرضت هذه الصــخور للتفلــق والتشقق نتيجة زيادة الضغوط الواقعة عليها، فإن غاز الرادون يتحرك وينطلق من مسام الصخور. وبالتالي فإن أية زيادة في تركيز هذا الغاز في منطقة ما قد يعــد دليلا على أن صخور هذه المنطقة واقعة تحت ضغوط وأنها أخذه فــي التصــدع والانهيار مما يوحي بوقع أحد الزلازل.

د – التغيرات الفيزيائية في الصخور.

فقد لاحظ العلماء أن الصخور التي تتعرض للأجهاد تتكون فيها شقوق وفجوات ميكروسكوبية عديدة وذلك قبيل انهيارها. وتزيد هذه الشقوق والفرجات من مسامية الصخور ونفاذيتها بدرجة كبيرة مما يساعد على سهولة مرور وتدفق السوائل فيها وبالتالي تقل المقاومة الكهربائية لتلك الصخور.

ه – التغير في المجال المغناطيسي للأرض.

ومعروف أن مرور الموجات الزلزالية في الصخور يتولد عنها تيار كهربائي وذلك بفعل ظاهرة الإجهاد الكهربائية لبعض المعادن.

و- التغيرات فى منسوب المياة الجوفية فى الأبار

نتيجة الضغوط الهائلة فى المناطق المعرضة لحدوث الزلازل فإنه يحدث تغيرات فى منسوب المياة الجوفية فى الابار

٣ مؤشرات التنبؤ قصيرة الأمد

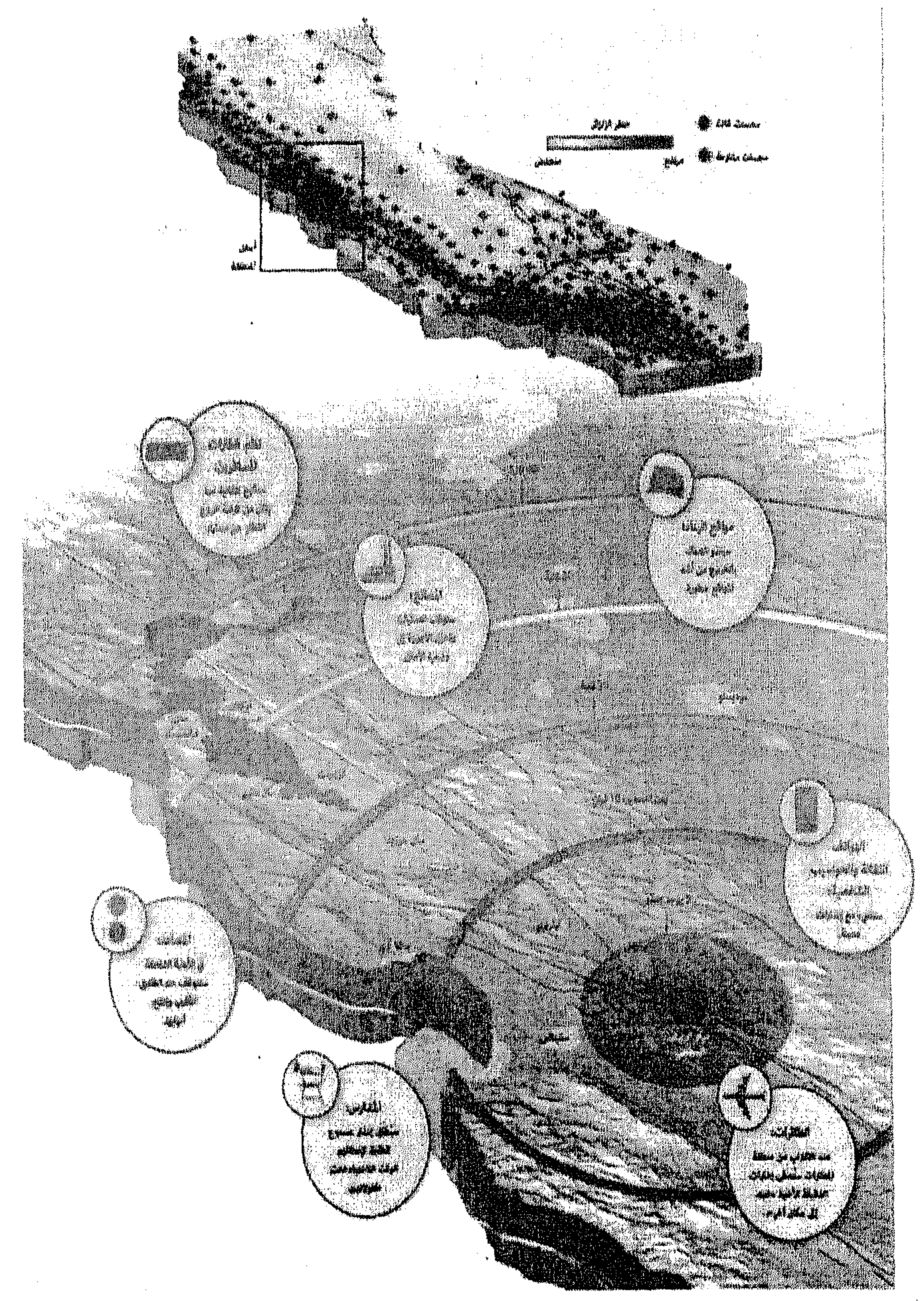
يعتقد الباحثون أن حواس الحيوانات ذات حساسية شديدة تمكنها من التقاط التغيرات الفيزيائية التى تحدث فى صخور القشرة الأرضية و فى الجو قبل حدوث الزلازل. و من السلوكيات الغريبة للحيوانات هروبها من حظائرها و إصدار أصوات غريبة و خروج الفئران و الثعابين من أوكارها و هروب الأسماك من مكانها و نباح الكلاب المستمر دون سبب واضح. ويفسر السلوك غير العادي لبعض الحيوانات قبل وقوع الزلازل بأن بعض حواسها تحس بالتغيرات التي تحدث في صخور القشرة الأرضية قبل وقوع الزلازل. (٢٧)

و يستطيع العلماء اليوم (في غضون ثوان من حدوث الحركات الخفيفة الأولى للزلزال) بقليل من التيقنِ التنبؤَ بمدى قوة وانتشار الهزة القادمة. و ذلك من خلال دمج العلم الجديد في تقنيات الاتصالات الحديثة يمكن للسلطات الحصول على بضع

عشرات من ثواني التحذير، و ربما تصل إلى نصف دقيقة، لتحذير الناس في منطقة الضرر. قد لا يبدو ذلك كافيا، ولكنه مع ذلك، يكفي لإرسال تحذيرات لإغلاق محطات توليد الطاقة وشبكات السكك الحديدية، وفتح أبواب المصاعد تلقائيا ووضع رجال الإطفاء في حالة تأهب.

و الشكل المرفق يوضح نظام شيك آلرت ShakeAlert المقترح لولاية كاليفورنيا حيث تعد كاليفورنيا واحدة من الأماكن الأكثر عرضة للزلازل على الكرة الأرضية، و يتم ذلك على النحو التالى

مواقع البناء: سينذر العمال بالخروج من أشد المواقع خطورة. نظم قطارات المسافرين : ستكبح تلقائيا، مما يقلل من فرصة خروج القطار عن مساره. المصانع: ستوقف العمليات وتحوّل الأجهزة إلى وضعية الأمان. المصاعد: الأبنية الشاهقة ستتوقف عند الطابق الأقرب وتفتح أبوابها. المدارس : يُطلَق إنذار مسموع للطلبة لإعطائهم الوقت للاختباء تحت طاولاتهم. الهواتف النقالة والحواسيب الشخصية: تضيء مع إنذارات معينة. الطائرات: عند الاقتراب من منطقة المطارات ستُعطى إشارات الدقيقة الأخيرة (اتجه إلى مكان آخر).



شكل (٥-١) نظام شيك آلرت ShakeAlert المقترح لولاية كاليفورنيا

٢-٥ الزلازل البحرية والموجات السنامية:

تقع بؤر كثير من الزلازل تحت قيعان البحار والمحيطات، وتنطلق من هذه البؤر موجات زلزالية تسري في صخور قاع المحيط وتخترق المياه حتى تصل إلى سطح الماء محدثة فيه زلزلة بحرية تقدر شدتها بمقياس خاص من ست نقاط.
وعندما تهتز مساحة واسعة من قاع المحيط تحدث تغيرا كبيرا في حجم حوض المحيط، ومن تم تتحرك كتل ضخمة من المياه محدثة موجات سنامية في سطح الماء. وهي سلسلة من الموجات الطويلة والتي تتبع بعض الزلازل الكبيرة.

وتتولد الموجات السنامية في الغالب بسبب هبوط مفاجئ لمناطق في قاع المحيط أو أي تغيرات في طبرغرافية قاع المحيط وما يصاحب ذلك من تحرك كميات ضخمة من المياه في اتجاهات معينة وينتج عن ذلك في النهاية تحرك مياه المحيط في موجات سنامية عاتية. وأما الزلازل التي لا تسبب تغيرا في طبوغرافية قاع المحيط فلا تنجم عنها موجات سنامية. و لكن الثورات البركانية في قيعان البحار والمحيطات تصحبها وتنتج عنها موجات سنامية، تتناسب شدتها مع ضخامة البركان وشدة الانفجار.

وتسري الموجات السنامية بسرعة عالية تتراوح من ٥٠٠ إلى ٨٠٠ كم/ ساعة وتغطي مساحات شاسعة من سطح الماء، وقد تقطع المحيط الهادي في بعض الحالات. ولهذه الموجات صفات غريبة، فعندما تتواجد في عرض البحار والمحيطات تتسع المسافة بين قمة الموجة والتي تليها لتتراوح من ١٠٠ إلى ٧٠٠ كم، أما ارتفاع القمة ذاتها فلا يزيد عن المتر في الغالب. وعندما تقترب من الشوطئ حيث المياه الضحلة والعديد من الحواجز الطبيعية كالخلجان فأن سرعة هذه الموجات تهبط إلى نحو ٦٥ كم/ ساعة وتظل هذه الموجات محتفظة بطاقتها الحركية بأن يزيد ارتفاع هذه الموجات على حساب أطوالها. وقد يصل ارتفاعها

إلى ٢٠ مترا أو أكثر، وتصطدم هذه الموجات بالشاطئ وتغطي مساحات كبيرة منه محدثة فيه دمارا شديدا، وتسحب هذه الموجات السفن من الشواطئ إلى عرض المحيط وتغرقها، بعد أن تكون قد دمرت المدن الساحلية وجرفت ما تبقي منها إلى عرض المحيط.

ويعرف سكان المدن والقرى الساحلية المطلة على المحيطات أن الموجات السنامية تبدأ عادة بانحسار قوى وسريع للمياه إلى داخل حوض المحيط، وبعد دقائق معدودة (من خمس إلى ثلاثين دقيقة) تغمر الشواطئ بطرفانات عاتية تغرق مساحات واسعة من الشواطئ ثم تنسحب المياه مسرعة إلى المحيط محملة بالضحايا البشرية وحطام المباني والمنشآت والقوارب وغيرها من التجهيزات الساحلية المعروفة، لتعود موجه أخرى وتكرر ما فعلته سابقتها بالسواحل المنكوبة، وهكذا تتكرر ضربات موجات المد والجزر الزلزالية عادة بفاصل زمني يتراوح من ١٠ إلى ٦٠ دقيقة ويتوقف تكرار هذا المد والجزر الطوفاني بحسب قوة الزلزال المسبب لتلك الموجات السنامية وبعد بؤرته عن الشاطئ.

و حيث أن الموجات الزلزالية تصل قبل وصول الموجات السنامية إلى الشواطئ ومن ثم يأخذ سكان تلك المناطق حذرهم بمجرد تسجيل وقوع الهزات الأرضية العنيفة وذلك بالابتعاد إلى مسافة كافية عن الشاطئ أو تسلق التلال العالية إذا كانت موجودة.

٥-٣ توعية أفراد المجتمع بالسلوك الأمثل تجاه الزلزال

كثير من الخسائر نتيجة الزلازل تكون السبب فيها هو سوء التصرف نتيجة لما يصيب الناس من هلع أثناء حدوث الزلازل. و من هنا تظهر الأهمية القصوى لتوعية الجمهور بالسلوك الأمثل قبل و أثناء و بعد الزلازل.

قبل حدوث الزلازل

توعية أفراد المجتمع بالسلوك الأمثل تجاه الزلزال و ذلك من خلال برامج اعلامية حيث يتم تعريف البالغين من الأسرة بمواقع صمامات التحكم فى الغاز و الماء و مفاتيح فصل الكهرباء و عدم وضع أجهزة او أشياء ثقيلة على أرفف مرتفعة و كذلك من الضرورى تثبيت خزانات المياه فوق أسطح المبانى بشكل قوى ومتين بالأرضيات واضعين فى الاعتبار قوة اهتزازها و كذلك تثبيت أطباق الاستقبال. و تعليم البالغين الأسعافات الأولية. و فى المدرسة عرض وسائل الأمان فى مواجهة الزلازل مع المدرسين و المسئولين فى المدرسة ومناقشتها مع تعريف التلاميذ و تدريبهم بالسلوك الأمثل لهم أثناء حدوث الزلزال.وفى العمل يجب أن يتوافر فى كل مؤسسة خطة طوارىء لتنفيذها أثناء حدوث الزلازل و مسؤوليات رجال الطوارئ و الأنقاذ وتوفير وسائل الأمان كما يجب أن تخلى الممرات و الردهات و السلالم من كل مايعيق الحركة و يجب على كل من يعمل أن يعرف أماكن قطع التيار الكهربائى و مفاتيح الغاز و ما بعدها تبعا لطبيعة العمل كما يجب على السلطات المحلية التأكد من تصميم و تنفيذ المبانى الحديثة طبقا للمواصفات.

أثناء حدوث الزلازل

تعد سلوكيات الأفراد أثناء حدوث الزلازل القوية أحد العوامل التى تؤثر فى حجم الخسائر البشرية و من المهم هو رباطة الجأش و التصرف المتزن حيث أنه من الضرورى أن يبق كل انسان فى مكانه سواء داخل المبنى أو خارجة فمعظم الإصابات تحدث أثناء الدخول أو الخروج من المبانى و قد يعمد بعض الأشخاص الى القفز من الشرفات. و من الممكن ان يغادر السكان القانطين فى ادوار سفلية المبنى. و اذا كنت فى الخارج قف فى مكان مفتوح (بعيد عن المبانى) و ابتعد عن الوقوف أسفل أسلاك الكهرباء وخطوط القوى الكهربائية و ابراجها وبعيدا عن

الجسور و اذا كنت داخل المبنى استند على أحد العمدة أو تحت الكمرات أو أحد الأركان بوسط المبنى أو تحت منضدة و ابتعد عن النوافذ او المرايا الزجاجية ابتعد عن استعمال السلالم أو المصاعد. و فى المدرسة يجب تحلى المدرس بالهدوء فى الفصل و عدم الهلع و إقناع التلاميذ بعدم الخروج من الفصل و الاحتماء تحت المناضد وتكون وجوههم بعيدة عن النوافذ الزجاجية.

بعد الزلازل

فحص خطوط الغاز و الماء و عدم استعمال الكبريت. و عدم استعمال التليفون لإتاحة الفرص للمسئولين للقيام باتصالاتهم و يجب الابتعاد عن المبانى المهدمة و عادة ما تحدث توابع فتوقع ذلك. يجب فحص المبنى مبدئيا لعمل تقييم أولى بواسطة السكان ثم بواسطة مهندس متخصص حيث يتم تصنيف المنشات طبقا للآتى : (أ) مبنى أمن و الذى لم ينخفض قدرتة الزلزالية و يمكن استخدامة فورا (ب) مبنى حدث بة شروخ و لكن لم ينهار و يسمح بدخول المبنى و لكن ليس على اساس الاستعمال الدائم و يتم تدعيمة (ج) مبنى غير أمن و معرض للانهيار الفجائى و يمنع دخولة كما يتم حماية المبانى المجاورة

ملحق (١)

حساب أحمال الزلازل طبقا للكود المصرى لحساب الأحمال و القوى فى الأعمال الإنشائية و أعمال المبانى ٢٠١١

حساب أحمال الزلازل طبقا للكود المصرى للأحمال

تعتبر أحمال الزلازل المحسوبة طبقا لكود الاحمال أحمال تصميمية عند حالات الحدود القصوى يتم تخفيضها بالقسمة على ١.٤ عند استخدامها بطريقة المرونة. كما تتطلب المتطلبات الأساسية للتصميم أن يحقق تصميم وتنفيذ المنشآت في المناطق ذات النشاط الزلزالى المتطلبات الآتية بدرجة كافية :-

أ – عدم الإنهيار

يجب تصميم وتنفيذ المنشآت لمقاومة الأحمال التصميمية الناتجة عن الزلازل بدون انهيار للمنشأ ككل أو بعض عناصره وبالتالى يحتفظ المنشأ بثباته ووظائفه المختلفة وذلك بعد حدوث الزلازل بإحتمالية تجاوز للقوى التصميمية لا تتعدى ١٠ % فى خمسين سنة.

ب – الحد من التصدعات

يجب تصميم وتنفيذ المنشآت لمقاومة الأحمال الناتجة عن الزلازل بدون حدوث تصدعات للمنشأ وذلك بعد حدوث زلازل بإحتمالية تجاوز للقوى التصميمية لا تتعدى ١٠ % فى عشرة سنوات ٠

جـ – زيادة الأمان الزلزالى

ويتم ذلك بتصنيف المنشآت حسب درجة أهميتها حيث يحدد لكل منشأ معامل أهمية حسب الجدول رقم (٨-٩) وهذا المعامل يعتمد على زمن الرجوع الافتراضى للزلازل

جدول (٨-٩) مجموعات الأهمية ومعاملات الأهمية γ_I

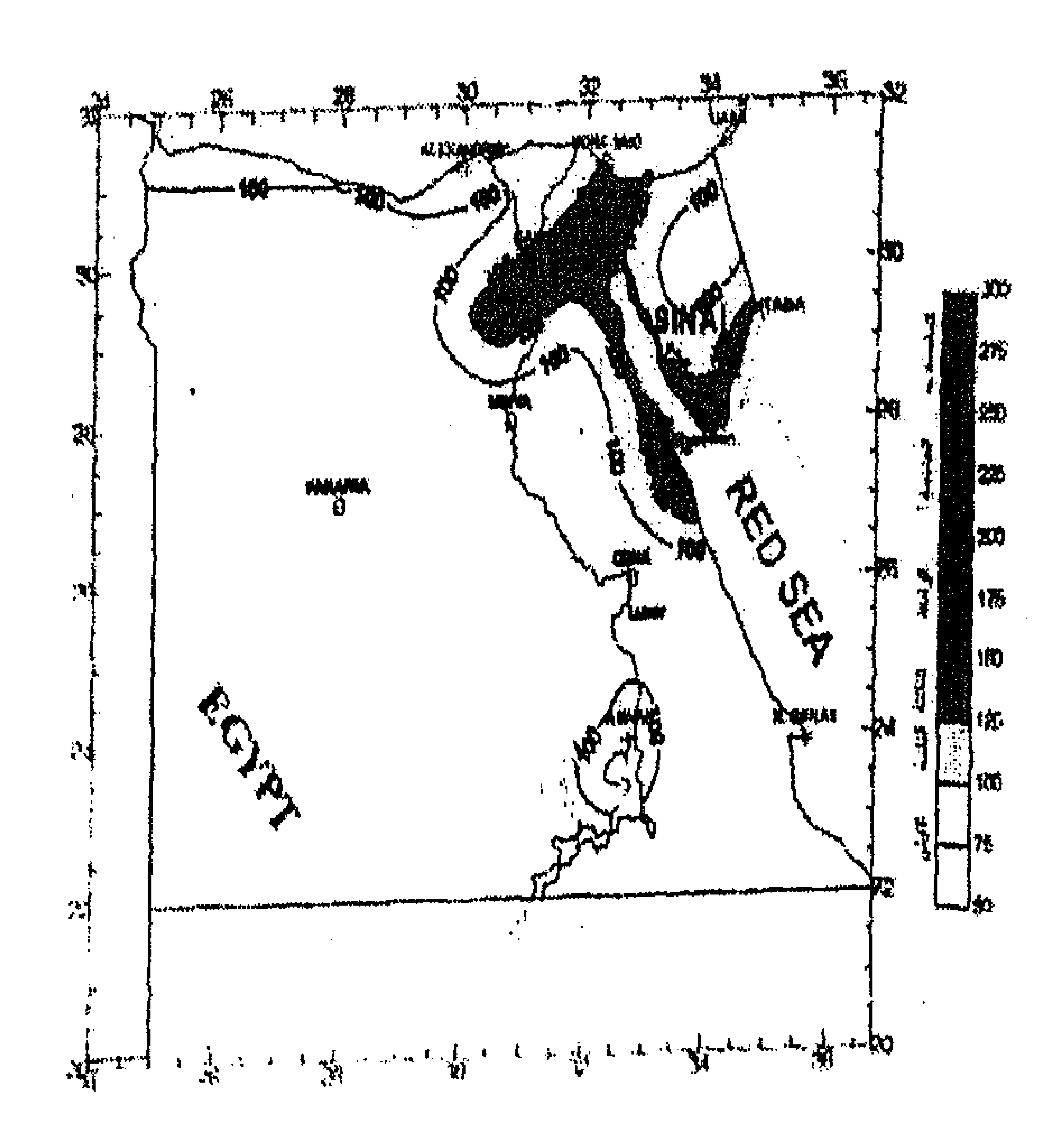
مجموعة الأهمية	المنشآت	معامل الأهمية γ_I
I	المنشآت التي يجب أن تعمل بكفاءة تامة أثناء وبعد حدوث الزلزال والمستخدمة لأغراض الطوارئ والتي تمثل أهمية كبيرة للأمان العام مثل : المستشفيات، محطات الإطفاء، محطات الكهرباء، أقسام الشرطة، مراكز الطوارئ، والاتصالات ... الخ	1.40
II	المنشآت التي لها أهمية وجود مقاومة زلزالية بالنسبة لما يترتب على انهيارها من خسائر في الأرواح مثل : المدارس، صالات التجمع، المراكز الثقافية، الخزانات، المداخن والصوامع، دور العبادة .. الخ	1.20
III	المنشآت العادية وغير المرتبطة بأية مجموعة أخرى	1.0
IV	المنشآت ذات أهمية قليلة للأمان العام مثل : المنشآت الزراعية ، المنشآت المؤقتة .. الخ	0.80

الأحمال الناتجة عن الزلازل

تقسم جمهورية مصر العربية من حيث التاثير الزلزالى الى خمسة مناطق تبعا لقيمة العجلة الارضية.

جدول (٨-٢) تقسيم جمهورية مصر العربية من حيث التاثير الزلزالى

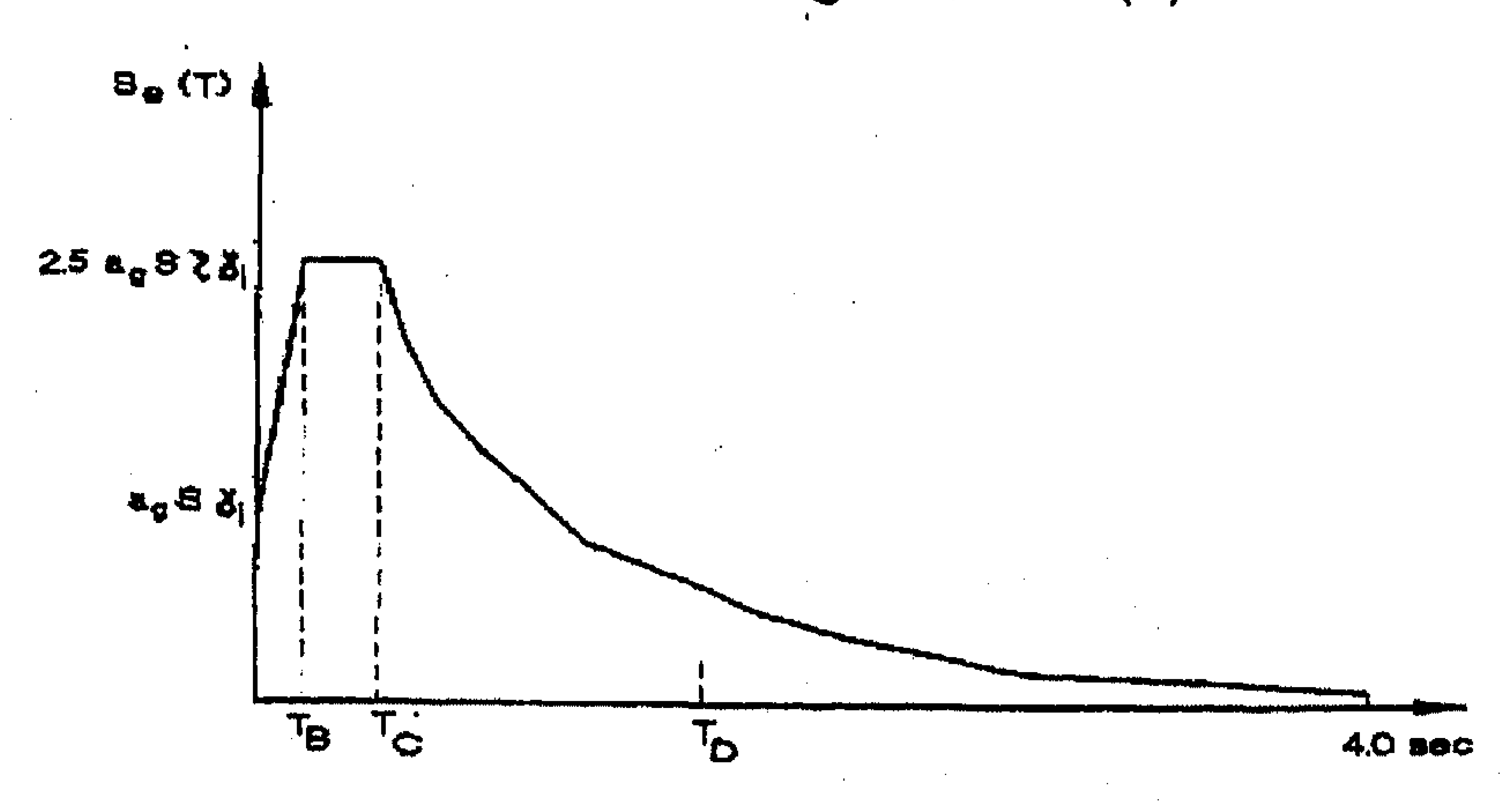
المنطقة	قيمة العجلة الأرضية التصميمية (a_g)
المنطقة الأولى	0.1 g
المنطقة الثانية	0.125 g
المنطقة الثالثة	0.15 g
المنطقة الرابعة	0.20g
المنطقة الخامسة (أ)	0.25g
المنطقة الخامسة (ب)	0.30g



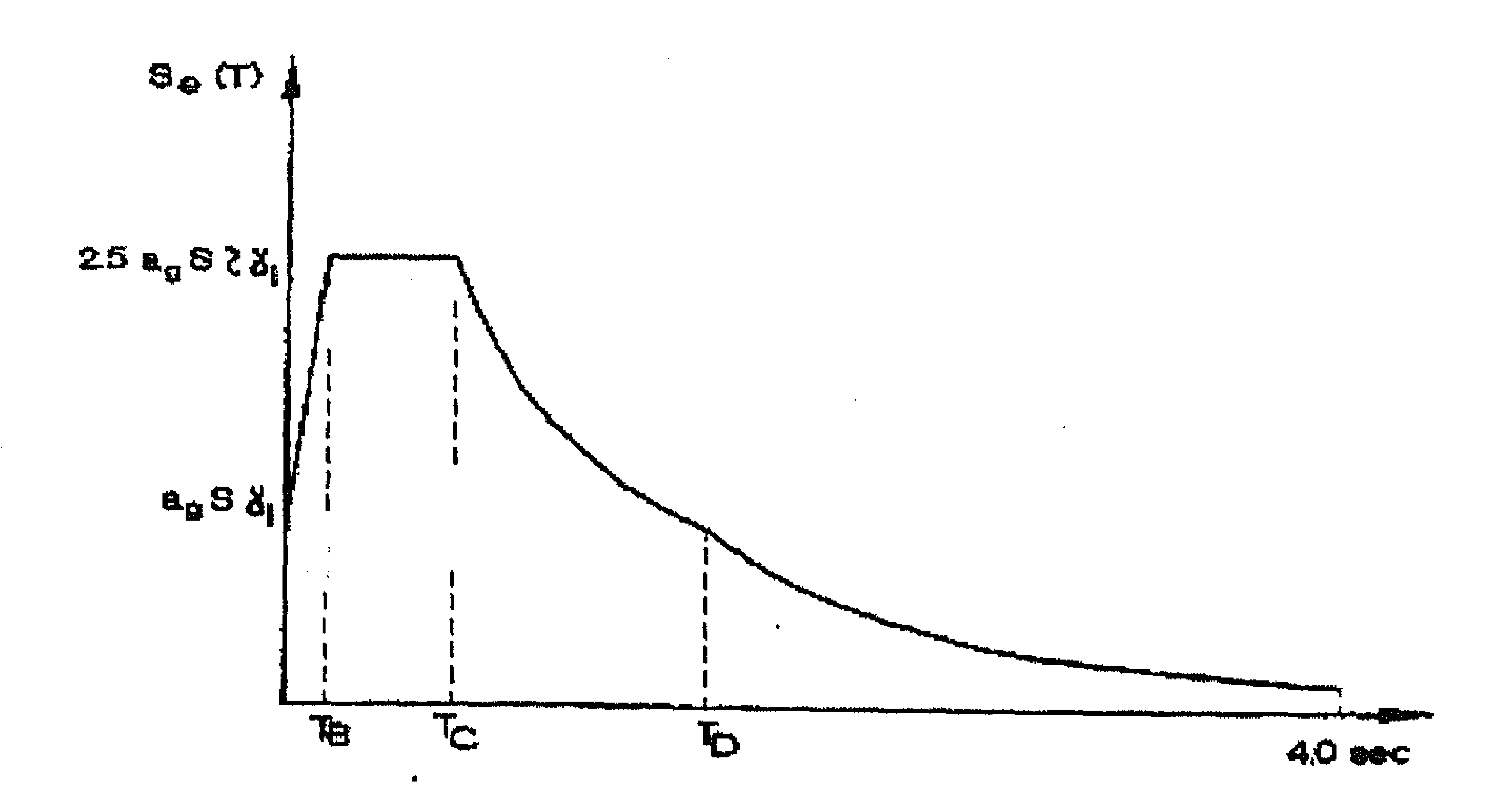
مناطق النشاط الزلزالى

التمثيل الزلزالى للأحمال الناتجة عن الزلازل

يتم تمثيل حركة القشرة الأرضية الأفقية نتيجة الزلازل فى أى نقطة من السطح بواسطة طيف تجاوب مرن لعجلة القشرة الأرضية ويرمز لها " بطيف التجاوب المرن " و ذلك بمركبتين أفقيتين متعامدتين وغير مرتبطتين وكل منهما ممثلة بنفس طيف التجاوب المرن، كما ينص الكود على أن تصمم جميع المنشآت داخل الجمهورية مصر العربية لتقاوم قوى زلزالية يتم حسابها باستخدام طيف التجاوب الموضح فى الشكل رقم (٨-٢) مع مراعاة استخدام كل من النوع الأول والنوع الثانى من منحنى طيف التجاوب Type(2) للمناطق الساحلية المطلة على البحر المتوسط (المسافة ٤٠ كيلو متراً بمحاذاة الساحل) ، واستخدام النوع الأول من منحنى طيف التجاوب Type (1) لجميع مناطق الجمهورية.



(أ) النوع الأول Type (1)
يستخدم لجميع مناطق الجمهورية



Type (2) (ب) النوع الثانى

يستخدم للمناطق الساحلية المطلة على البحر المتوسط

شكل (٨-٢) طيف التجاوب الأفقى المرن

Elastic Horizontal Response Spectrum

طيف التجاوب الأفقى المرن **S_e (T)** لزمن العودة القياسى يتحدد من الآتى :

$0 \leq T \leq T_B$: $S_e(T) = a_g \gamma_I S \left[1.0 + \frac{T}{T_B}(2.5\,\eta - 1.0)\right]$,

$T_B \leq T \leq T_C$: $S_e(T) = 2.5\, a_g \gamma_I\, S\, \eta$,

$T_C \leq T \leq T_D$: $S_e(T) = 2.5\, a_g\, \gamma_I\, S\, \eta \left[\frac{T_C}{T}\right]$,

$T_D \leq T \leq 4$ sec : $S_e(T) = 2.5\, a_g \gamma_I\, S\, \eta \left[\frac{T_C\, T_D}{T^2}\right]$

حيث :

$S_e(T)$	طيف التجاوب الأفقي المرن لزمن الرجوع القياسي
T	الزمن الدوري لنظام ترددى أحادى
a_g	العجلة الأرضية التصميمية لزمن رجوع قياسي (٤٧٥سنه لمبنـى ذى معامل أهمية واحد) (جدول ٨-٢)
T_B ,T_C	حدود القيم الثابتة لطيف التجاوب المرن (جدول ٨-٣)
γ_I	معامل الأهمية للمنشأ (جدول ٨-٩)
T_D	القيمة المحددة لبداية الحركة الثابتة للطيف (جدول ٨-٣)
η	معامل اضمحلال تصحيحي لطيف التجاوب الأفقي (جدول ٨-٤)
S	معامل التربة (جدول ٨-٣)

جدول رقم (٨-٣) قيم المعاملات TB , TC , TD And S

(أ) : النوع الثانى من منحنى طيف التجاوب (I) Type

Subsoil Class	S	T_B	T_C	T_D
A	1.0	0.05	0.25	1.2
B	1.35	0.05	0.25	1.2
C	1.5	0.10	0.25	1.2
D	1.8	0.10	0.30	1.2
E	1.6	0.05	0.25	1.2

(ب) : النوع الثانى من منحنى طيف التجاوب **Type (2)**

Subsoil Class	S	T_B	T_C	T_D
A	1.0	0.15	0.4	2.0
B	1.2	0.15	0.5	2.0
C	1.15	0.20	0.6	2.0
D	1.35	0.20	0.80	2.0
E	1.4	0.15	0.5	2.0

جدول (٨- ٤) قيم معامل الاضمحلال التصحيحى η ، η_v

η	η_v	نوع المنشأ
١,٢	١	صلب ذو وصلات ملحومة
١,٠٥	٠,٧٥	صلب ذو وصلات بمسامير البرشام أو وصلات بمسامير القلاووظ
١,٠٠	٠,٧	خرسانة مسلحة
١,٠٥	٠,٧٥	خرسانة سابقة الاجهاد
٠,٩٥	٠,٦٥	حوائط من المباني المسلحة

كما يتوقف سلوك التربة أثناء الزلازل على نوعية التربة و التى يمكن تصنيفها الى خمسة أنواع كما بالجدول رقم (٨-١)

جدول رقم (٨–١) تصنيف طبقات التربة أسفل الأساسات

تصنيف التربة	وصف القطاع الطولى للتربة	N spt عدد الدقات لكل ٣٠ سم	مقاومة التماسك Cu من اختبار الضغط غير المحاط (كن/م٢)	سرعة موجات القص VS,30 (متر/ثانية)
A	صخر او تكوينات تشبه الصخر ، يحتوى على طبقة سطحية ضعيفة يكون سمكها على الأكثر ٥ متر	–	–	> ٨٠٠
B	ترسيبات يمتد سمكها لعشرات الأمتار مكونة من (رمل – زلط) كثيف ، او طين ، او مقاومة تماسك الموضحة بالجدول و تزيد الخواص الميكانيكية مع العمق	> ٥٠	> ٢٥٠	٣٦٠ – ٨٠٠
C	تربة عميقة من تربة غير متماسكة (زلط ، رمل) متوسط الى كثيف او طين ذو مقاومة تماسك كما	١٥–٥٠	٧٠–٢٥٠	١٨٠ – ٣٦٠

تصنيف التربة	وصف القطاع الطولى للتربة	N spt عدد الدقات لكل ٣٠ سم	مقاومة التماسك Cu من اختبار الضغط غير المحاط (كن/م٢)	سرعة موجات القص VS,30 (متر/ثانية)
	بالجدول يتراوح سمكها من عشرات الى مئات الامتار ٠			
D	تربة غير متماسكة (زلط ، رمل) – سائبة الى متوسطة "طينية او طميية) او يكون السائد تربة متماسكة ذو مقاومة تماسك كما بالجدول ٠	١٥>	٧٠ >	١٨٠ >
E	يتكون قطاع التربة من طبقة سطحية من الترسيبات النهرية Vs لها مثل او D سمكها متغير من ٥ – ٢٠ متر و اسفلها مادة اقوى	--	--	--

طرق حساب احمال الزلازل

١- الطريقة الاساسية لحساب تأثير أحمال الزلازل هى طريقة طيف التجاوب باستخدام طيف التجاوب التصميمى فى حالة توافر الشروط له

٢- يمكن استخدام إحدى الطرق التالية فى التحليل وذلك طبقاً للطبيعة الإنشائية للمبنى لحساب الأحمال و ذلك تبعا للطبيعة الانشائية للمبنى :

أ- طريقة طيف التجاوب المبسطة (طريقة الحمل الاستاتيكى المكافىء) وتستخدم فى حالة المنشآت التى تحقق الشروط الواردة فيما يلى.

ب-طريقة طيف التجاوب المركب والتى يمكن أن تطبق على جميع أنواع المنشآت

٣- يمكن استخدام طرق بديلة كطريقة التحليل الديناميكى الزمنى (Time History Analysis) .

طريقة طريقة طيف التجاوب المبسطة (الحمل الاستاتيكى المكافىء)

يتم تطبيق هذه الطريقة على المنشآت التى يمكـن تمثيلهـا بنمـوذجين مسـتويين ومتعامدين والتي تتأثر استجابتها الديناميكية أساسا بموجات الاهتـزاز الأساسـية للمنشأ فى كل مستوى .

و يجب ان تحقق المنشآت ما يلى :

أ- اشتراط الانتظام فى المسقطين الأفقى والرأسى أن يكون للمنشأ زمن طول موجى أساسى T_1 فى كل الاتجاهات أقل من أو يساوى القيم التالية :

$$T_1 \leq \begin{cases} 4.0\ Tc \\ \text{or} \\ 2.0\ \text{Seconds} \end{cases}$$

و يتم حساب القيمة T_1 للمنشآت ذات الارتفاع حتى (٦٠.٠) متر ، بطريقة تقريبية من المعادلة :

$$T_1 = C_t H^{3/4}$$

حيث :

T_1 زمن الطول الموجى الأساسى للمنشأ بالثوانى

C_t معامل يتوقف على النظام الأنشائى ومادة الانشاء تبعاً لما يلى :

٠.٠٨٥ للاطارات الحديدية الفراغية المقاومة للعزوم

٠.٠٧٥ للاطارات الفراغية الخرسانية والاطارات المعدنية ذات المشكلات المحورية لمقاومه للعزوم

٠.٠٥٠ لكافة المنشأت الأخرى

H ارتفاع المنشآ بالمتر مقاساً من منسوب ظهر الأساسات

محددات الانتظام فى المسقط الأفقى

١- يجب ان يكون المنشأ متماثلا تقريبا فى المسقط الأفقى حول محورين أفقيين متعامدين وذلك بالنسبة لتوزيع الكتل والجساءات العرضية .

٢- أن يكون شكل المسقط الأفقى منتظما بقدر الإمكان (وفى حالة وجود ردود أو نتوء فيجب أن لا تزيد مساحة الجزء الذى به الردود أو النتوء عن ٥% من مساحه الدور)

٣- أن تكون جساءه البلاطة فى مستوى الدور أعلى كثيرا من الجساءات الجانبية للعناصر الأنشائية الرأسية (الأعمدة) وبالتالى يكون لتشكيلات البلاطة أقل تاثير ممكن على توزيع الأحمال على العناصر الإنشائية الرأسية.

٤- يجب ان لا تزيد نسبة استطالة المنشأ فى المسقط الأفقى (Lx / Ly) عن ٤.٠٠ .

٥- يجب ان لاتزيد المسافة بين مركز الكتلة ومركز الجساءه (e_o) فى أى دور ولكل اتجاه تحليل (اتجاها المحوريين x , y) عن ١٥% من البعد الكلى للمنشآ فى المسقط الافقى فى الاتجاه المتعامد مع اتجاه القوى العرضية .

محددات الانتظام فى المسقط الرأسى

١- تجب المحافظة على استمرارية العناصر والأنظمة الإنشائية المقاومة للأحمال الأفقية مثل : الحوائط الخرسانية والإطارات وذلك من منسوب الأساسات وحتى أعلى المنشأ او حتى منسوب الردود أو النتوء .

٢- تجب المحافظة على ثبات الجساءة الأفقية والكتلة لكل دور أو تخفيضها تدريجياً من منسوب الأساسات وحتى أعلى المنشا بذون أية تغييرات فجائية مع مراعاة الأتى:

أ- الجساءة الأفقيه لأى من الأدوار يجب الأ تقل عن ٧٥% من جساءة الدور السابق له.

ب- توزيع كتلة المنشا خلال المسقط الرأسى يجب أن يكون منتظما مع مراعاه عدم حدوث تغير فى الكتله من دور الى الذى يليه عن + ٥٠%.

٣- فى المنشأت ذات الأطارات يجب ألا يحدث تغير فجائى فى النسبة بين المقاومة الفعلية والمقاومة المطلوبة للأدوار المتتالية . وفى هذا المجال

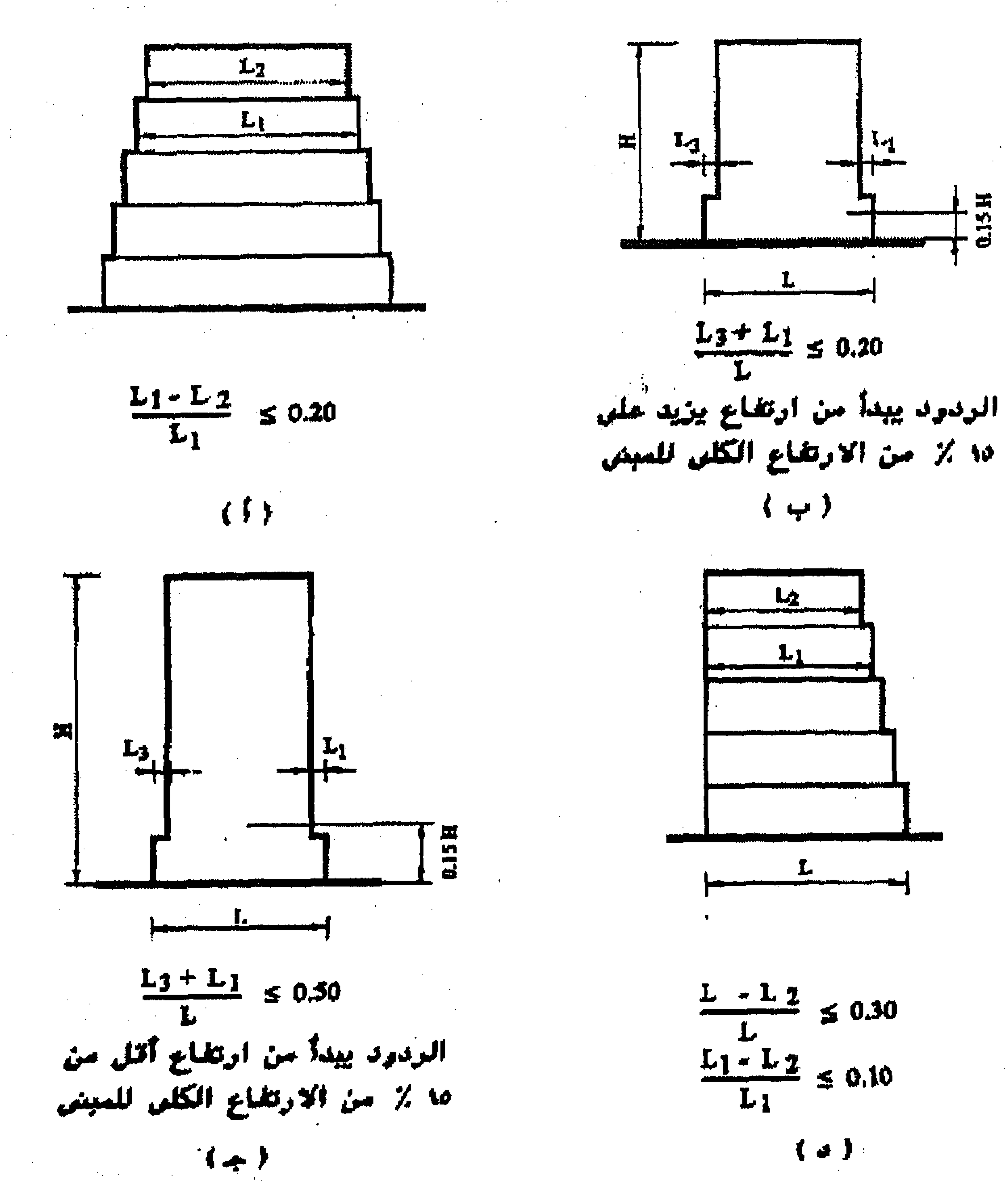
يمكن مراعاة تأثير حوائط المبانى المائلة للأطارات الخرسانية طبقاً للكـود الخاص بالمبانى .

٤- فى حالة وجود ردود ، يجب مراعاة الاحتياطات الإضافية الآتية :

أ- فى حالة الردود المنتظم (التدريجى) والمحافظة على التماثـل حـول محور واحد على الأقل يجب ألا يتعدى الردود ٢٠ % من البعد الكلـى للدور السابق فى اتجاه الردود (أنظر الشكل ٨-٣ أ ، ٨-٣ب) .

ب-فى حالة وجود ردود يحدث مرة واحدة فقط ويكون عند ارتفاع من أسفل لا يزيد عن ١٥ % من الارتفاع الكلى للمبنى ، يجب ألا يتعـدى هـذا الردود نسبة ٥٠ % من البعد الكلى للدور أسفل الردود (أنظر شكل ٨-٣جـ) . ويجب فى هذه الحالة تصميم الجزء السفلى من المنشأ الواقع مباشرة تحت مساحة أدوار الردود ليقاوم قوة قص أفقية لا تقل عـن ٧٥ % من قيمة قوة القص الأفقية لمبنى مماثل فى الارتفاع الكلى ومماثل فى المسقط الأفقى لأدوار الردود بكامل الارتفاع (بدون وجـود أيـة أدوار ردود) .

ج-وفى حالة أن الردود لا يحقق التماثل ، يجب ألا يزيد مجموع الردود فى كل تجاه فى جميع الأدوار عن ٣٠ % من بعد المسقط الأفقى عند الدور الأول كما يجب ألا يزيد الردود فى كل دور عن ١٠ % من بعد الـدور السابق له فى كل تجاه (أنظر شكل ٨-٣د) .



شكل رقم (٨-٣) محددات الانتظام للمبانى التى بها ردود فى المسقط الرأسى

قوة القص الأساسية القصوى الناتجة عن الزلازل
Ultimate Base Shear Force

تحسب قوة القص الأساسية F_b (المؤثرة عند منسوب ظهر الأساسات) لكل تجاه أساسى كالتالى :

$$F_b = S_d(T_1).\lambda W / g$$

$S_d(T_I)$ إحداثى الطيف التصميمى للتحليل الإنشائى المرن عند زمن طول موجى (T_I) .

T_I زمن الطول الموجى الاساسى للمنشأ فى إتجاه التحليل

W الوزن الكلى للمنشأ فوق منسوب ظهر الأساسات

λ معامل تصحيح وتحدد قيمته طبقاً للآتى :

وعدد أدوار المنشأ أكثر من دورين

$\lambda = 0.85 \quad \text{if} \quad T_1 \le 2\,T_c$

or

$\lambda = 1.0 \quad \text{if} \quad T_1 > 2\,T_c$

جدول (٨-٧) نسبة الحمل الحى (ψ_{Ei})

توصيف المنشأ	(ψ_{Ei})
*الصوامع *خزانات المياه * المنشآت المحملة بأحمال حية لفترات طويلة متصلة (المكتبات - المخازن الرئيسية - جراجات عربات الركوب والعربات السياحية والأوتوبيسات... الخ)	1.0
* المنشآت والمباني العامة مثل : المخازن غير الرئيسية - الاسواق التجارية - المدارس - المستشفيات - المسارح - جراجات السيارات الملاكي ...الخ	0.5
المنشات السكنية	0.25

طيف التجاوب التصميمى الأفقى للتحليل الإنشائى المرن

يمكن تصميم المنشأ على أحمال زلزالية تقل عما هو مقدر من طيف التجاوب المرن نتيجة لقدرة النظام الإنشائى على مقاومة قوى الزلازل فى الحدود اللدنة (بعد مرحلة الليونة) .

١- تتحدد قيمة طيف التجاوب التصميمى $S_d(T)$ لزمن عودة قياسى بواسطة المعادلات التالية:

$$0 \le T \le T_B \quad : S_d(T) = a_g \ \gamma_I \ S \left[\frac{2}{3} + \frac{T}{T_B}\left(\frac{2.5\eta}{R} - \frac{2}{3}\right)\right] ,$$

$$T_B \le T \le T_C : S_d(T) = a_g \ \gamma_I \ S \ \frac{2.5}{R}\eta \ ,$$

$$T_C \le T \le T_D : S_d(T) = a_g \ \gamma_I \ S \ \frac{2.5}{R} \left[\frac{T_C}{T}\right]\eta \ ,$$

$$\ge [\,0.20\,] \ a_g \gamma_I$$

$$T_D \le T \le 4 \text{ sec} : S_d(T) = a_g \ \gamma_I \ S \ \frac{2.5}{R}\left[\frac{T_C \ T_D}{T^2}\right]\eta$$

$$\ge [\,0.20\,] \ a_g \gamma_I$$

حيث

$S_d(T)$ طيف التجاوب التصميمى للتحليل الإنشائى المرن

a_g العجلة الأرضية التصميمية لزمن عودة قياسى

γ_I معامل الأهمية للمنشأ

R معامل تعديل ردود الافعال (تخفيض القوى) تبعاً للنظـــام الإنــشائى للمبنى (طبقاً للجدول (أ) من الملحق (أ-٨))

٢ - قيمة المعاملات T_B ، T_D، T_C ، S موضحة بالجدول (٨-٣).

جدول (أ) معاملات تعديل ردود الأفعال (تخفيض القوى)
Response Modification (Force Reduction) Factors R

معاملات تعديل ردود الأفعال (تخفيض القوى) محددة كنسبة القوى المرنة إلى القوى اللدنة المتولدة فى المنشأ .

النظام الإنشائي	نظام مقاومة الأحمال الأفقية	R
* حوائط حاملة : أغلب الحمل الرأسى ينتقل عن طريق الحوائط الحاملة والإعتماد على حوائط القص فى مقاومة القوة العرضية الكلية	(أ) حوائط قص من الخرسانة المسلحة (ب) حوائط قص من المبانى المسلحة (ج) حوائط قص من المبانى غير المسلحة	٤.٥٠ ٣.٥٠ ٢.٠٠
* إطارات فراغية بسيطة : الحمل الرأسى ينتقل عن طريق عناصر الإطار والإعتماد على حوائط القص أو إطارات مزودة بشكالات فى مقاومة القوة العرضية الكلية	(أ) حوائط قص من الخرسانة المسلحة (ب) حوائط قص من المبانى المسلحة (ج) إطارات مزودة بشكالات	٥.٠٠ ٤.٥٠ ٤.٥٠
* إطارات فراغية مقاومة للعزوم : الحمل الرأسى والقوة العرضية الكلية الناتجة عن الزلازل تنتقل بالكامل عن طريق عناصر الإطار بدون إستخدام حوائط القص أو شكالات	منشآت (معدنية-خرسانية مسلحة- مركبة): (أ) إطارات ذات ممطولية كافية (ب) إطارات ذات ممطولية محدودة	 ٧.٠٠ ٥.٠٠
* نظام مركب من إطارات فراغية مقاومة للعزوم وحوائط القص (أو إطارات مزودة بشكالات) ويتم تصميم النظام طبقا لما يلى : ١- الإطارات أو حوائط القص (أو الإطارات المزودة بشكالات) تقاوم	منشآت (معدنية-خرسانية مسلحة- مركبة): (أ) إطارات ذات ممطولية كافية (ب) إطارات ذات ممطولية محدودة	 ٦.٠٠ ٥.٠٠

النظام الإنشائى	نظام مقاومة الأحمال الأفقية	R
مشاركة بينها القوة العرضية الكلية وذلك طبقاً لجسائتها النسبية ٠ ٢- حوائط القص : (أو إطارات مزودة بشكالات) تقاوم بمفردها القوة العرضية الكلية وذلك طبقاً لجسائتها النسبية ٠ ٣- الإطارات المقاومة للعزوم تقاوم بمفردها ٢٥ % من القوة العرضية الكلية ٠		
* المنشأت الأخرى :	(أ) الأبراج الشبكية (ب) المآذن والمداخن والصوامع	٣.٠٠ ٣.٥٠

* تؤخذ قيم حالة الممطولية الكافية فى الإطارات المقاومة للعزوم ، إذا روعى فى التصميم والتفاصيل الإنشائية إمكانية تكوين مفاصل لدنه فى أماكن الوصلات ، بحيث يمكن إفتراض تشكيل آلية لدنة مستقرة ٠

** يجب الأخذ فى الإعتبار العزوم الناشئة على أعمدة المبنى نتيجة الإزاحات النسبية للأدوار أو أن يراعى فى التصميم والتفاصيل الإنشائية إمكانية تكوين مفاصل فى أماكن الوصلات ، بحيث يمكن افتراض تشكيل ألية لدنه مستقرة ٠

عندما يكون التشكل الديناميكى الأساسى ممثلا بطريقة تقريبية بحركة أفقية متزايدة خطياً مع الارتفاع ، فإن القوى الأفقية **Fi** يتم حسابها من المعادلة التالية :

$$F_i = \left[\frac{u_i}{\sum_{j=1,n} u_j} \cdot \frac{W_i}{W_j} \right] . F_b \qquad (8\text{-}17)$$

حيث :

F_i القوة الأفقية المؤثرة على الدور i

F_b قوى القص الأساسية على المنشأ الناتجة عن الزلازل وطبقاً للمعادلة (٨-١٦)

u_i , u_j إزاحة الكتل m_i , m_j في التشكل الأساسي للمنشأ

W_i , W_j أوزان الكتل m_i , m_j والمحسوبة طبقاً للبند (٨-٧-١) الفقرة (٤)

n عدد الأدوار فوق منسوب الأساسات

و توزع القوى الأفقية F_i على عناصر مقاومة الأحمال الأفقية حسب جساءتها الفعلية باعتبار أن بلاطات الأدوار متناهية الجساءة ٠

مثال لحساب أحمال الزلازل لعمارة سكنية من الخرسانة المسلحة

النموذج هو مبنى من الخرسانة المسلحة بابعاد ٢٠ * ١٢ متر مكون من دور أرضي و أحد عشر دور متكرر، ارتفاع الدور الأرضي ٤ م والمتكرر ٣ م وتتكون العناصر الإنشائية للمبنى من أعمدة و كمرات وأسقف من الخرسانة المسلحة بسمك ١٢سم و يتم يتم مقاومة الأحمال الجانبية عن طريق حوائط قص من الخرسانة المسلحة.

بفرض أن نوعية التربة (C) تربة غير متماسكة (زلط ، رمل) – كثيفة أو متوسطة الكثافة أو تربة متماسكة (طمى وطين) **S=1.5**

و بفرض أن المنشأ يقع فى المنطقة الثالثة فتكون العجلة الأفقية تساوى a_g = 0.15 g

Type (1)

$S = 1.5$ $T_B = 0.1$ $T_C = 0.25$ $T_D = 1.2$

W Floor = 290 t

(حمل المنشأ يساوى الحمل الدائم مضافا اليه ٠.٢٥ من الحمل الحى)

WT = 290 x12 = 3480

$T_1 = C_t (H)^{3/4}$

$= T_1 < 4T_c$ where $T_1 = 0.05 (H) 3/4 = 0.75$

sec

< 2 sec.

< 4*0.25 = 1.0 sec.

$T_C\ (0.25) \leq T_I\ (0.75) \leq T_D\ (1.20)$

$$S_b (T_1) = 0.15g \times 1.0 \times \frac{2.5}{4.5} \left(\frac{0.25}{0.75} \right) \times 1.0 \geq 0.2\ ag$$

= 0.027 g taken 0.03g

$F_b = S_d(T_1).\ \lambda\ W / g$

= 1.0 x 0.03 g x 1.0 x 3480 / g

= 104.4 t

ملحق (٢)
الاشتراطات الخاصة بالعناصر الخرسانية لمقاومة أحمال الزلازل (الكود المصرى لتصميم و تنفيذ المنشآت الخرسانية)

٦-٧-٤ الأساسات المعرضة لأحمال الزلازل

٦-٧-٤-١ القواعد وأساسات اللبشة وهامات الخوازيق

٦-٧-٤-١-١ يجب أن تمتد أسياخ صلب تسليح الأعمدة والحوائط الخرسانية المسلحة داخل القواعد أو أساسات اللبشة أو هامات الخوازيق لمسافة لا تقل عن طول التماسك للأسياخ المقاومة للشد مقاسة من سطح اتصال الأعمدة أو الحوائط بالأساسات ويجب أن تمتد أسياخ التسليح إلى صلب التسليح السفلى للقواعد مع عمل رجل بزاوية قائمة.

٦-٧-٤-١-٢ يجب أن تمتد أسياخ صلب تسليح الخوازيق داخل هامات الخوازيق لمسافة لا تقل عن طول التماسك للأسياخ المقاومة للشد مقاسة من سطح اتصال الخوازيق بالهامات.

٦-٧-٤-١-٣ فى القواعد أو فى هامات الخوازيق التى ترتكز عليها أعمدة قد تتعرض لقوى شد نتيجة الزلازل يجب وضع تسليح علوى لمقاومة عزوم الانحناء للقوى الناتجة.

٦-٧-٤-٢ الميدات والبلاطات المرتكزة على التربة

٦-٧-٤-٢-١ تصمم الميد على أساس أنها جزء من العناصر الإنشائية المقاومة للأحمال الجانبية الناتجة عن الزلزال بحيث تفى باشتراطات البند (٦-٨) ، ويجب أن يُذكر على الرسومات الإنشائية ويتم التصميم على أساس أنها شدادات ربط للأساسات. ويجب أن يمتد صلب التسليح على كامل طول الميدة مع

ضرورة أن يمتد إلى مسافة بعد محور العمود لا تقل عن طول التماسك.

٦-٧-٤-٢-٢ يسرى البند (٦-٧-٤-٢-١) على البلاطات المرتكزة على التربة فى حالة اعتبارها جزءاً من العناصر الإنشائية المقاومة للأحمال الجانبية الناتجة عن الزلازل.

٦-٧-٤-٢-٣ يجب ألا يقل البعد الأصغر للميدة عن (١/٢٠) البحر الخالص لها ولا يلزم أن يزيد على ٤٥٠ مم بشرط أن تفى بحد النحافة المذكور بالبند (٦-٣-١-٨).

٦-٨ الاشتراطات الخاصة لمقاومة أحمال الزلازل

٦-٨-١ عام

يتضمن هذا البند الاشتراطات الخاصة لتصميم العناصر الإنشائية التى تقاوم القوى التصميمية للزلازل والتى يتم تحديدها طبقاً للكود المصرى لحساب الأحمال والقوى فى الأعمال الإنشائية وأعمال المبانى (كود رقم ٢٠١) .

٦-٨-١-١ تعريف العناصر الإنشائية

- الكمرة (Beam) : هى عنصر إنشائى معرض أساساً لعزوم انحناء والتى لا تزيد فيها قوى الضغط المحورية القصوى على $0.04\ A_g f_{cu}$.
- العمود (Column) : هو عنصر إنشائى معرض لقوى محورية وعزوم انحناء وتزيد فيه قوى الضغط المحورية القصوى على $0.04\ A_g f_{cu}$.

- الإطارات (Frames) : هى المنشأ الفراغى الذى تقاوم عناصره من كمرات وأعمدة ووصلات عزوم الانحناء والقص والقوى المحورية، ويحدد البند (٦-٨-٢) اشتراطات الإطارات محدودة الممطولية وعالية الممطولية.
- حوائط القص (Shear walls) : هى عناصر إنشائية تقاوم القوى الناتجة عن الزلازل وتزيد النسبة بين طول مقطعها إلى عرضها على ٥ وتنقسم إلى :

• حوائط ذات ممطولية (Ductile shear walls) : وهى حوائط إنشائية من الخرسانة المسلحة تقاوم القوى الناتجة عن الزلازل وتكون مثبتة عند منسوب الأساسات شكل (٦-٣٦) وتكون نسبة ارتفاعها إلى طولها $\frac{h_w}{L_w}$ أكبر من أو تساوى ٢ ولها القدرة على تشتيت الطاقة عن طريق تكوين مفصلة لدنة فى منطقة عزوم الانحناء القصوى.

• حوائط قصيرة (Low-rise shear walls) : وهى حوائط إنشائية من الخرسانة المسلحة تقاوم القوى الناتجة عن الزلازل وتكون مثبتة فى منسوب الأساسات (شكل ٦-٣٦) وتقل نسبة ارتفاعها إلى طولها $\frac{h_w}{L_w}$ عن ٢ وليس لها القدرة على تشتيت الطاقة حيث أن تشكلاتها غير المرنة محدودة والتشكلات الرئيسية ناتجة عن قص الانزلاق.

• الحوائط المرتبطة (Coupled shear walls) : هى عناصر إنشائية مكونة من حوائط ذات فتحات (حائطين أو أكثر) متصلة بطريقة منتظمة عن طريق كمرات ذات ممطولية كافية (كمرات ربط) قادرة على تقليل مجموع العزوم على الحوائط بنسبة لا تقل عن ٢٥% من مجموع العزوم للحوائط المنفصلة.

٦-٨-١-٢ النظم الإنشائية المقاومة لأحمال الزلازل

- نظام الحوائط (Wall system) : وهو نظام تكون فيه العناصر الإنشائية الرئيسية المقاومة للأحمال الأفقية والرأسية من الحوائط الخرسانية المسلحة – سواء كانت مرتبطة أو غير مرتبطة– بحيث تزيد مقاومة القص لها عند القواعد على ثلثى مقاومة القص للنظام الإنشائى بالكامل.
- نظام إطارات (Frame system) : هو نظام تكون فيه العناصر الإنشائية الرئيسية المقاومة للأحمال الأفقية والرأسية إطارات فراغية، بحيث تزيد مقاومة القص لها عند القواعد على ثلثى مقاومة القص للنظام الإنشائى بالكامل.
- نظام ثنائى (Dual system) : هو نظام تكون فيه العناصر الإنشائية المقاومة للأحمال الرأسية أساساً إطارات فراغية، بينما تساهم كل من الإطارات الفراغية والحوائط فى مقاومة الأحمال الجانبية، وينقسم إلى نوعين أساسيين:
  - نظام ثنائى مكافئ للإطارات : هو نظام ثنائى تكون فيه مقاومة القص للإطارات أكبر من نصف مقاومة القص للنظام الإنشائى بالكامل عند الأساسات (Base shear).
  - نظام ثنائى مكافئ للحوائط : هو نظام ثنائى تكون فيه مقاومة القص للحوائط أكبر من نصف مقاومة القص للنظام الإنشائى بالكامل عند الأساسات (Base shear) .

٦-٨-١-٣ مفاهيم التصميم

أ – يجب أن يوفر تصميم المنشآت الخرسانية لمقاومة الزلازل قدراً كافياً من القدرة على تشتيت الطاقة بدون خفض كبير فى المقاومة الكلية للأحمال

الأفقية والرأسية ، ومن أجل ذلك يجب الالتزام بالاشتراطات الموضحة فى البندين (٦-٨-٢) ، (٦-٨-٣).

ب - يتم تحليل وتصميم المنشأ الخرسانى وإعداد التفاصيل الإنشائية وفقاً للاشتراطات الواردة بالأبواب الثالث والرابع والسادس والسابع من هذا الكود، بما فيها البندين (٦-٨-٢) ، (٦-٨-٣)،ويتم التصميم على أساس حدوث فقدان للطاقة وتأكيد السلوك المطيل وبحيث يسبق الانهيار المطيل الناتج عن تأثير عزم الانحناء الانهيار القصف الناتج عن تأثير القص.

جـ- تنقسم الممطولية إلى درجتين أساسيتين ، طبقاً لقدرة المنشأ على تشتيت الطاقة تحت تأثير حمل ترددى وهما : ممطولية محدودة وممطولية كافية ، وكلاهما يناظر منشأ تم تصميمه وعمل تفاصيله طبقاً لاشتراطات محددة لمقاومة الزلازل توفر للمنشأ آلية لدنة مستقرة تسمح بتشتيت الطاقة تحت تأثير الأحمال الترددية بدون حدوث انهيار قصف.

د - تتحدد درجة الممطولية لعناصر المنشأ (محدودة أو كافية) باتباع الاشتراطات الموضحة فى البندين (٦-٨-٢) ، (٦-٨-٣) للإطارات والحوائط على التوالى.

هـ- يتم تحقيق الممطولية الكافية للمنشأ عن طريق عمل التفاصيل الموضحة بهذا الباب والتى تسمح بالتشكلات اللاخطية فى المناطق الحرجة التى يحدث بها تشتيت للطاقة **(Dissipative zone)** والمعرفة فى البند (و) التالى.

و - منطقة حرجة – منطقة مشتتة للطاقة (**Critical region or dissipative zone**): هى منطقة فى عنصر رئيسى مقاوم للزلازل تتعرض لأسوأ حالة تحميل (عزوم، حمل محورى، قص، لى) والتى من الممكن حدوث مفصلة لدنة بها **(Plastic hinge)** نتيجة التشكلات غير المرنة الناتجة عن عزوم

الانحناء. ويتم تحديد طول المنطقة الحرجة لكل نوع من العناصر الرئيسية المقاومة للزلازل طبقاً لما يلي:

- في الكمرات: هي مسافة تساوي ضعف عمق الكمرة مقاساً من وجه الركيزة (شكل ٦-٣٦).
- في الأعمدة: هي مسافة تساوي L_o من وجه اتصال العمود مع الكمرة عند كل من طرفي العمود (شكل (٦-٣٦)، شكل (٧-٦-ب))، حيث L_o تساوي القيمة الأكبر من:
  - سدس الارتفاع الصافي للعمود
  - البعد الأكبر لقطاع العمود
  - ٥٠٠ مم
- في الحوائط ذات الممطولية: هي مسافة لا تقل عن القيمة الأكبر من :
  - سدس الارتفاع الكلي للحائط.
  - طول الحائط.

  بحيث لا تزيد على ضعف طول قطاع الحائط (شكل ٦-٣٦).

ز - يجب استيفاء الاشتراطات الخاصة بالفواصل الزلزالية والإزاحات النسبية بين أدوار المنشأ وفقاً لمتطلبات الكود المصري لحساب الأحمال والقوى في الأعمال الإنشائية وأعمال المباني (كود رقم ٢٠١) بالإضافة للاشتراطات الواردة بالبند (٩-٥-٩) من هذا الكود .

ح - اشتراطات خاصة بصلب التسليح ورتبة الخرسانة المستخدمة للعناصر المقاومة لأحمال الزلازل:

- لا يسمح باستخدام أسياخ الصلب الملساء فى التسليح الطولى ويشترط استخدام أسياخ الصلب ذات النتوءات سواء كانت من الصلب الطرى أو الصلب عالى المقاومة.
- يراعى ألا تقل النسبة بين إجهاد الشد الأقصى وإجهاد الخضوع بأسياخ صلب التسليح المستخدمة عن ١.٢٥ .
- يجب ألا تقل رتبة الخرسانة المستخدمة عن ٢٥ ن/مم٢ .

ط - تؤخذ الجساءة الفعالة (عزم القصور الذاتى الفعال) لعناصر الأنظمة الإنشائية المقاومة للزلازل كما يلى :

للأعمدة

$$I_{eff} = 0.70\ I_g$$

لحوائط القص $I_{eff} = 0.35\ I_g$

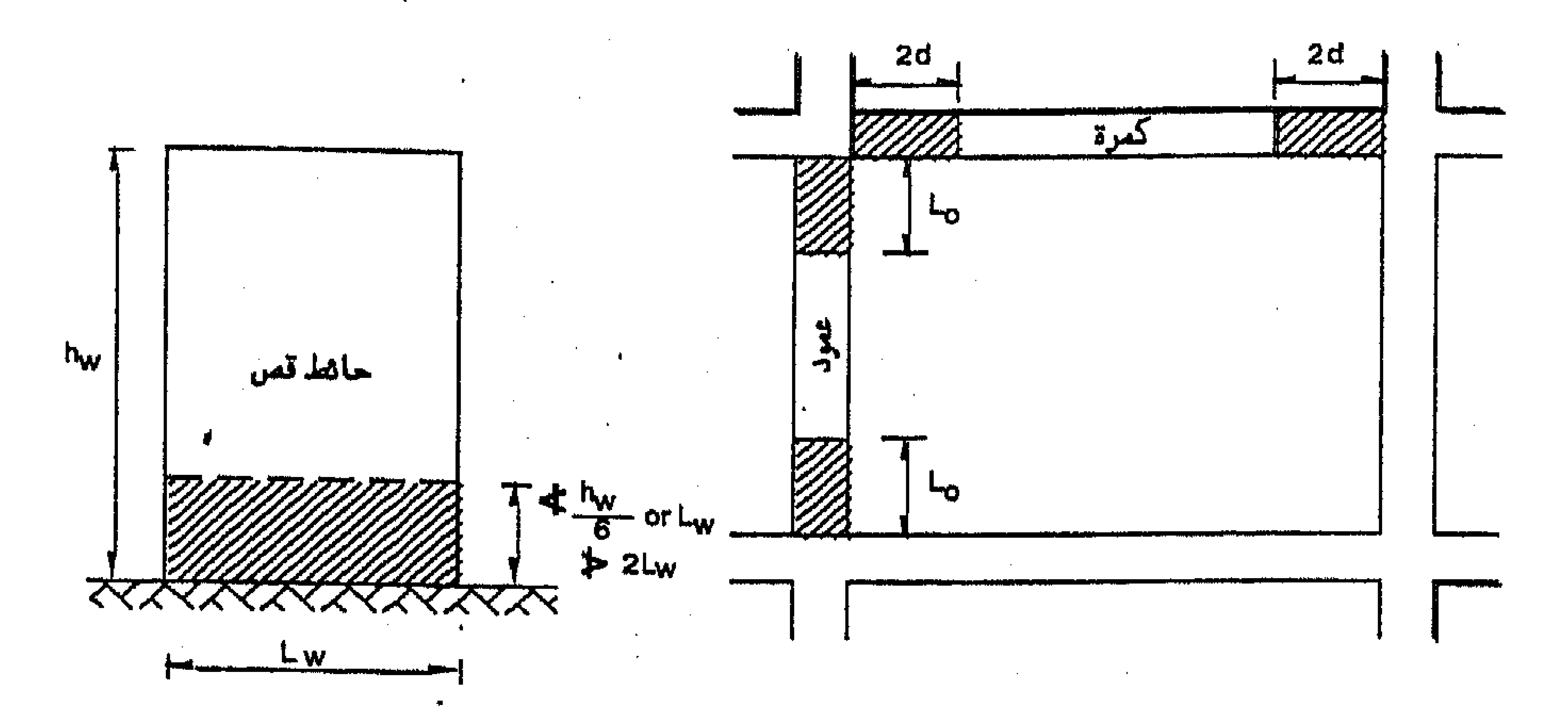
للكمرات (مع أخذ مشاركة البلاطات) $I_{eff} = 0.50\ I_g$

للبلاطات المسطحة $I_{eff} = 0.25\ I_g$

حيث :

I_{eff} = جساءة القطاع مع الأخذ فى الاعتبار تأثير الشروخ

I_g = جساءة القطاع الذى ليس به شروخ



شكل (٦ – ٣٦) حدود المناطق الحرجة بالكمرات والأعمدة والحوائط

٦-٨-٢ اشتراطات الإطارات المقاومة للزلازل

٦-٨-٢-١ عام

- يشترط فى الإطارات المقاومة للزلازل أن تحقق عناصرها ما يلى:

أ – ألا تزيد المسافة بين محور الكمرة ومنتصف قطاع العمود فى المسقط الأفقى على ربع بُعد العمود مقاساً فى الاتجاه العمودى على محور الكمرة كما هو موضح بشكل (٦-٣٧).

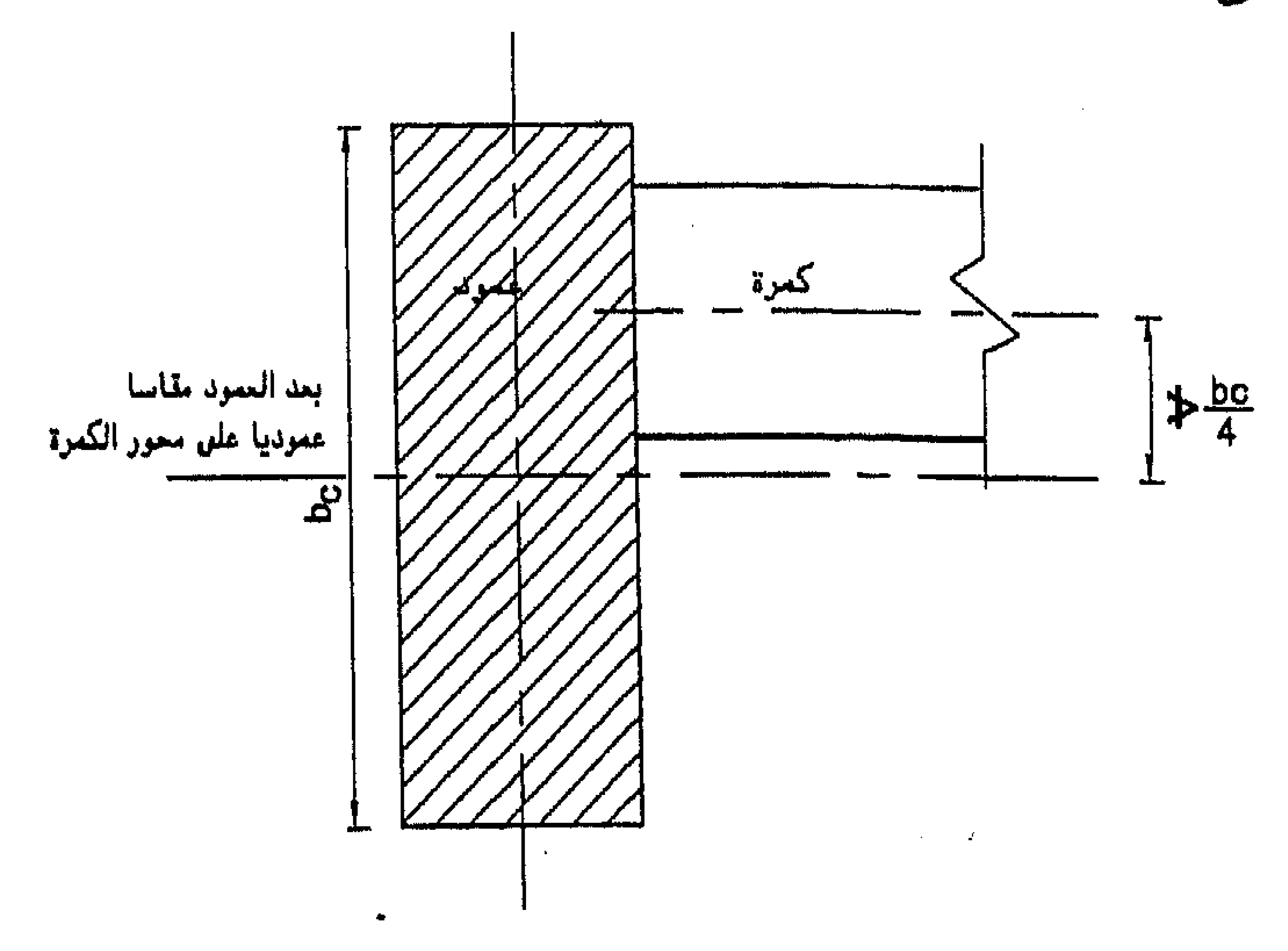
ب – ألا يزيد عرض الكمرة على الأقل من:

- عرض العمود + عمق الكمرة.
- ضعف عرض العمود.

- تنقسم الإطارات المقاومة للزلازل إلى إطارات ذات ممطولية محدودة وإطارات ذات ممطولية كافية طبقاً لتفاصيل صلب التسليح، ويتم تحديد معامل تعديل ردود الأفعال (**R**) لكل منها طبقاً للكود المصرى لحساب الأحمال على المنشآت (كود رقم ٢٠١ وتعديلاته) .

٦-٨-٢-٢ اشتراطات الإطارات ذات الممطولية المحدودة

وتشتمل على اشتراطات للبلاطات المسطحة وكمرات وأعمدة الإطارات.



شكل (٦ – ٣٧) علاقة محور الكمرة مع محور العمود

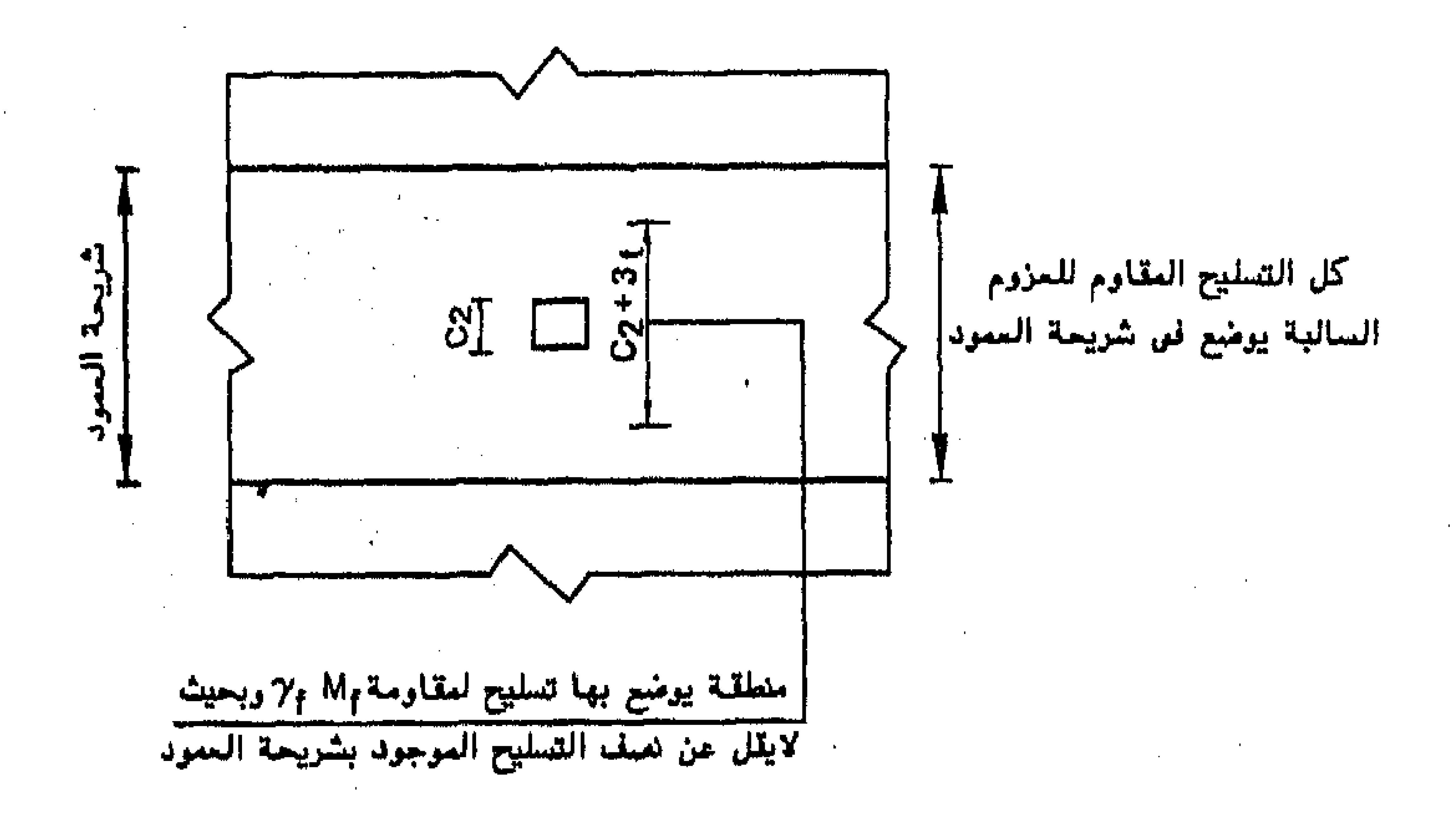
٦-٨-٢-٢-١ البلاطات المسطحة

أ – تقاوم جميع العزوم المنقولة من البلاطة إلى العمود بواسطة شريحة العمود فقط.

ب – تقاوم العزوم السالبة $\gamma_f M_f$ المبينة بالبند (٦-٢-٥-٨) بواسطة العرض الفعال للبلاطة c_2+3t (شكل ٦-٣٨) حيث t هى سمك البلاطة.

جـ- يجب ألا يقل تسليح العرض الفعال عن نصف تسليح شريحة العمود .

د- يجب أن يمتد ما لا يقل عن ربع التسليح العلوى لشريحة العمود على كامل طول البحر (شكل ٦-٣٩).

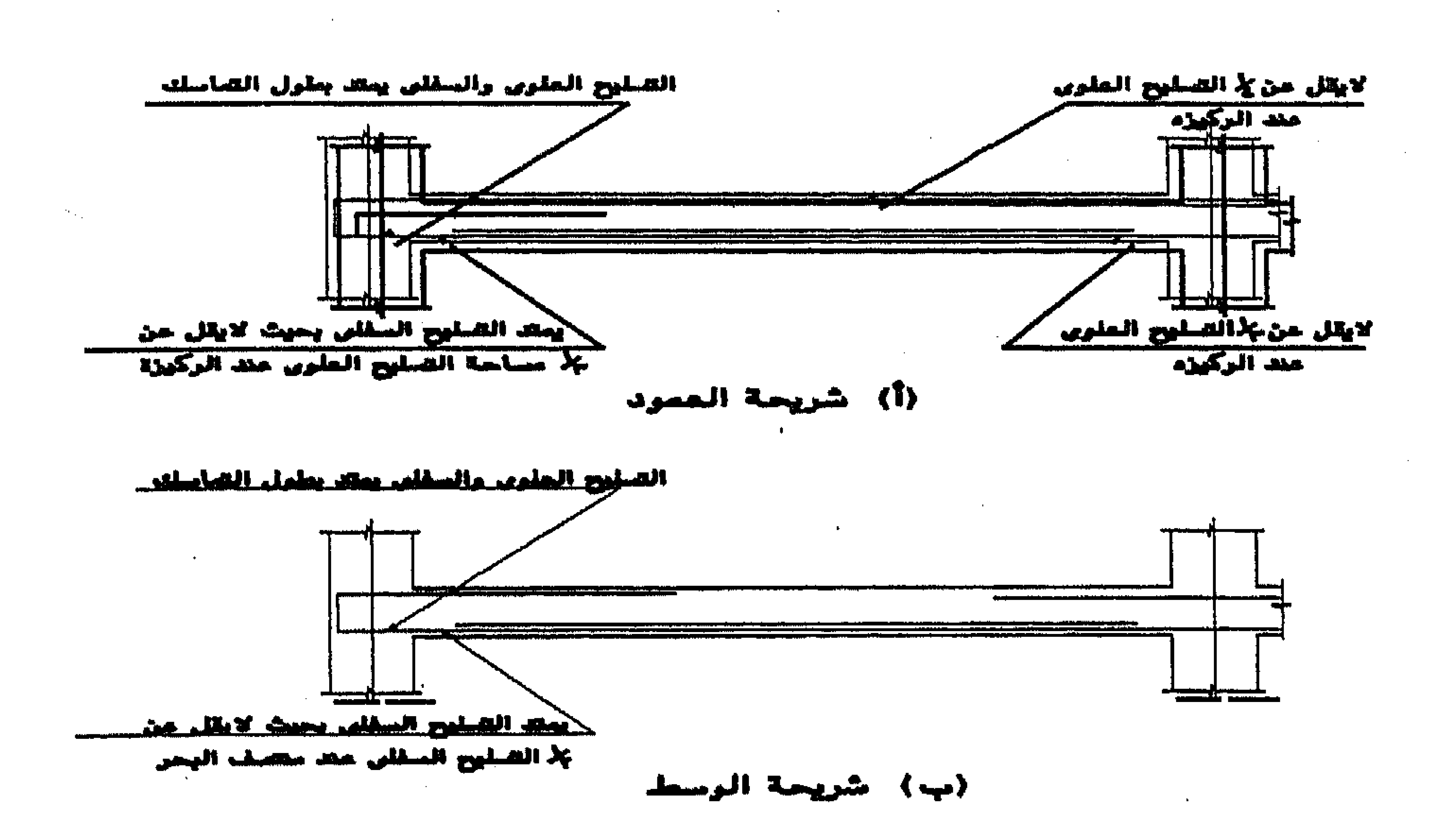


شكل (٦ – ٣٨) العرض الفعال فى البلاطات المسطحة

هـ- يجب أن يمتد ما لا يقل عن نصف التسليح السفلى لشريحتى العمود والوسط بكامل طول البحر مع مراعاة استمرار التسليح داخل مناطق الارتكاز بطول رباط كاف وفقاً للبند (٤-٢-٥-٣).

و- يجب ألا يقل التسليح السفلى المستمر فى شريحة العمود بكامل طول البحر عن ثلث قيمة التسليح العلوى لشريحة العمود عند مناطق الارتكاز.

ز- عند الأطراف غير المستمرة للبلاطة يجب أن يمتد كل من التسليح العلوى والسفلى عند الركيزة الطرفية داخل منطقة الارتكاز بطول رباط كاف وفقاً للبند (٤-٢-٥-٣).



شكل (٦ – ٣٩) ترتيب التسليح فى البلاطات اللاكمرية

٦–٨–٢–٢–٢ كمرات الإطارات ذات الممطولية المحدودة

أ – يصمم قطاع الكمرة عند وجه الركيزة لمقاومة عزوم موجبة قصوى لا يقل مقدارها عن ثلث العزوم السالبة القصوى الناتجة من التحليل الإنشائى للمبنى.

ب – يجب ألا يقل مقدار مقاومة القطاع لكل من العزوم السالبة أو الموجبة عند أى قطاع فى الكمرة عن خمس قيمة أكبر عزم عند وجه أى من الركيزتين.

جـ– توزع الكانات فى المناطق الحرجة بحيث لا تبعد أول كانة أكثر من ٥٠ مم من وجه الركيزة، ولا تزيد المسافة بين الكانات على الأقل من :

– ربع عمق الكمرة

- ثمانية أمثال قطر أصغر ســــيخ طولى فى قطاع الكمرة.
- ٢٤ مرة قطر الكانة.
- ٢٠٠ مم

د - لا تزيد المســـافة بين الكانات فى باقى طول الكمرة على نصــف عمــق الكمرة أو ٢٠٠ مم أيهما أقل.

٦-٨-٢-٢-٣ أعمدة الإطارات ذات الممطولية المحدودة

أ - يجب ألا تزيد المسافة بين الكانات على s_o وذلك فى المناطق الحرجة، حيث s_o تساوى القيمة الأصغر مما يلى كما هو موضح بشكل (٧-٦-أ) :

- ثمانية أمثال قطر أصغر ســــيخ تســـليح بالعمود
- ٢٤ مثل قطر كانة العمود
- نصف أصغر بعد لقطاع العمود
- ١٥٠ مم

كما يجب وضع أول كانة على مســـافة $s_o/2$ من وجه اتصال العمود مــع الكمرة، ولا تزيد المســـافة بين الكانات فى باقى ارتفاع العمود على ضــعف s_o وبحد أقصى ٢٠٠مم.

ب - يجب أن يحتوى العمود على ثلاثة أسياخ طولية على الأقل فى كل وجه.

٦-٨-٢-٣ اشتراطات الإطارات ذات الممطولية الكافية

وتشتمل على اشتراطات كمرات وأعمدة الإطارات، ولايسمح باستخدام البلاطات المسطحة كعنصر من عناصر الإطارات ذات الممطولية الكافية.

٦-٨-٢-٣-١ كمرات الإطارات ذات الممطولية الكافية

تصمم الكمرات الخرسانية المسلحة طبقاً لاشتراطات البند (٦-٨-٢-٢-٢) بالإضافة إلى ما يلى:

أ - لا يقل عرض الكمرة عن ٠.٣٠ من عمقها وبحد أدنى ٢٥٠ مم.

ب - لا تقل مقاومة القطاع للعزم الموجب عند وجه الركيزة عن ٥٠% من مقاومة القطاع للعزم السالب عند وجه نفس الركيزة، وفى جميع الأحوال يجب ألا تقل مقاومة القطاع للعزم (الموجب أو السالب) فى بحر الكمرة عن ربع أكبر مقاومة مناظرة عند وجه الركيزة.

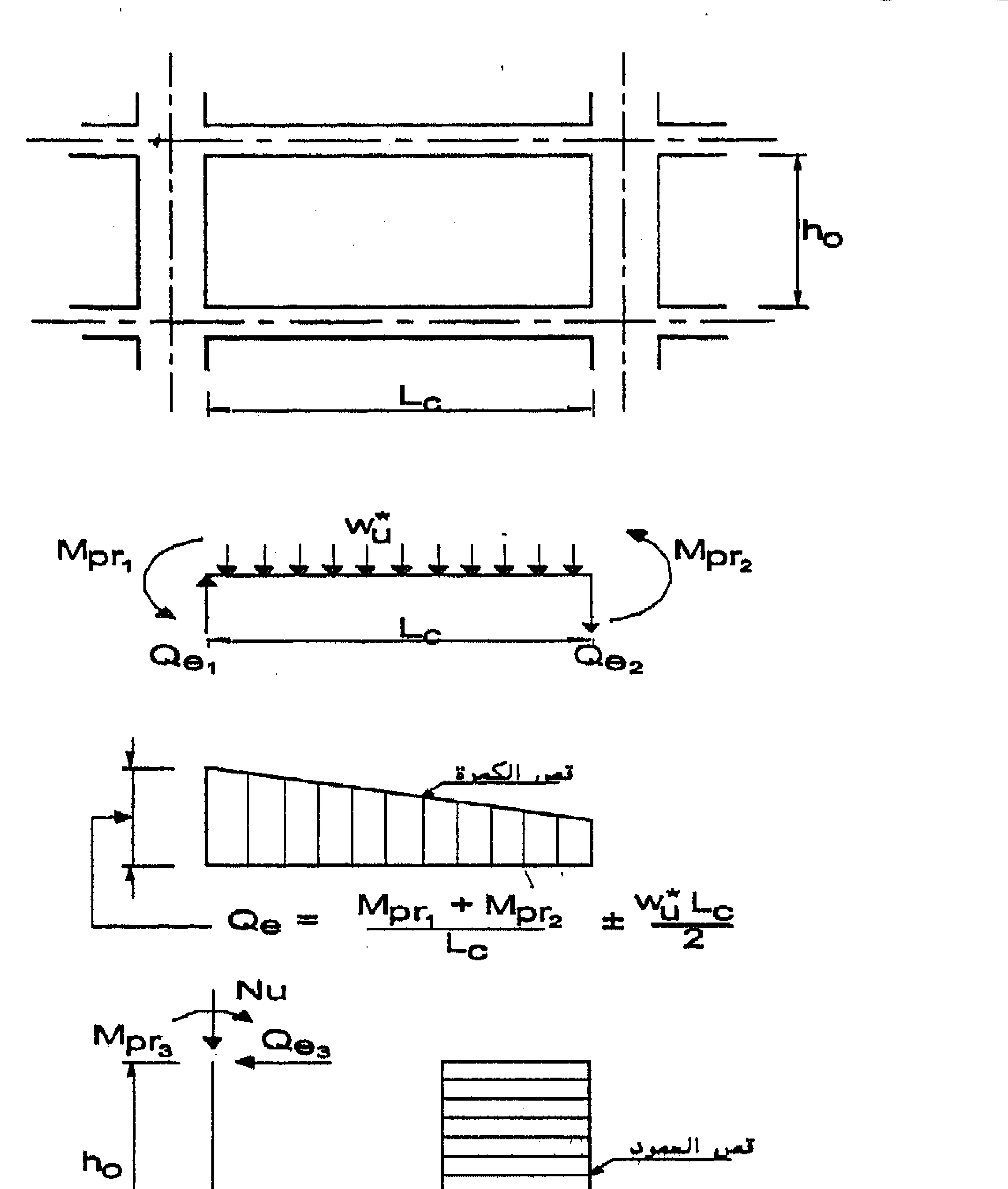
جـ- تصمم جميع وصلات التراكب على أساس وصلات تراكب شد، مع توافر الاشتراطات التالية:

- التسليح العرضى للكمرة فى منطقة الوصلة يتكون من كانات مغلقة أو حلزونية.
- لا تزيد المسافة بين الكانات فى منطقة وصلة التراكب على ربع العمق الفعال للكمرة أو ١٠٠ مم أيهما أقل.
- لا يسمح بعمل وصلة التراكب داخل منطقة اتصال الكمرة بالعمود، وكذلك فى المناطق الحرجة.

د - يتم حساب قوى القص التصميمية القصوى بفرض تولد عزوم انحناء بإشارتين مختلفتين عند نهايتى الكمرة (شكل ٦-٤٠) مع أخذ تأثير الأحمال الرأسية المصاحبة للزلازل فى الاعتبار. وتهمل مقاومة الخرسانة فى القص عند حساب المقاومة القصوى للكمرات فى المناطق الحرجة ويتم الاعتماد كليا على التسليح الجذعى فى مقاومة قوى القص التصميمية.

٦-٨-٢-٣-٢ أعمدة الإطارات ذات الممطولية الكافية

تصمم أعمدة الإطارات الخرسانية المسلحة طبقاً لاشتراطات البند (٦-٨-٢-٣-٢) بالإضافة إلى ما يلي:



w_u^* هو الحمل الأقصى المناظر لحالة تحميل تأخذ تأثير الزلازل فى الاعتبار.
M_{pr} هو العزم المحتمل عند تكون مفصلة لدنة ويساوى ١.٢٥ العزم الأقصى الفعلى للقطاع على أساس معامل خفض مقاومة مناسب طبقاً للبند (٣-٢-١-٢).

شكل (٦ -٤٠) حساب قوى القص التصميمية القصوى فى الكمرات والأعمدة

أ - لا يقل أصغر بعد لقطاع العمود عن ٣٠٠ مم ويفضل ألا تقل نسبة البعد الأصغر إلى البعد الأكبر لقطاع العمود عن ٠.٤٠.

ب - يجب ألا يقل بعد قطاع العمود فى اتجاه طول الكمرة عن ٢٠ مثل قطر أكبر سيخ طولى ممتد من الكمرة عبر الوصلة.

جـ- إذا زادت قيمة الضغط المحورى فى العمود عن $\mathbf{0.04A_gf_{cu}}$، يجب أن تحقق مقاومة العزوم القصوى لأعمدة الإطارات المتصلة بكمرات العلاقة التالية:

$$\sum M_c \geq 1.2 \sum M_g \qquad (6-61)$$

حيث:

$\sum M_c$ = مجموع مقاومة العزوم القصوى للأعمدة فى المستوى الذى يتم فيه التحليل عند منطقة اتصال العمود بالكمرة محسوبة عند وجه الكمرة باستخدام قيمة الحمل المحورى الذى يعطى أقل مقاومة عزوم.

$\sum M_g$ = مجموع مقاومة العزوم القصوى للكمرات فى المستوى الذى يتم فيه التحليل عند منطقة اتصال العمود بالكمرة محسوبة عند وجه العمود. وفى حالة الكمرات على شكل حرف T وعندما تكون البلاطة معرضة لقوى شد تحت

تأثير العزوم، تحسب المقاومة القصوى للكمرة بأخذ جزء من عرض البلاطة يساوى ثلاثة أمثال سمك البلاطة على كل من جانبى الكمرة بشرط أن يكون صلب تسليح البلاطة ممتداً بطول رباط مناسب بعد القطاع الحرج. ويتم جمع مقاومة العزوم بحيث تكون مقاومة عزوم الأعمدة فى عكس اتجاه مقاومة عزوم الكمرات.

وفى حالة عدم تحقق هذا الشرط فى عدد محدود من الوصلات فإنه يمكن إهمال تأثير العمود عند حساب جساءة ومقاومة المنشأ القصوى لأحمال الزلازل، على أنه يجب التأكد من استيفاء اشتراطات الممطولية الخاصة بكانات العمود والمذكورة فى البند (٦-٨-٢-٢-٣).

د - يجب ألا تقل نسبة تسليح العمود عن ١%.

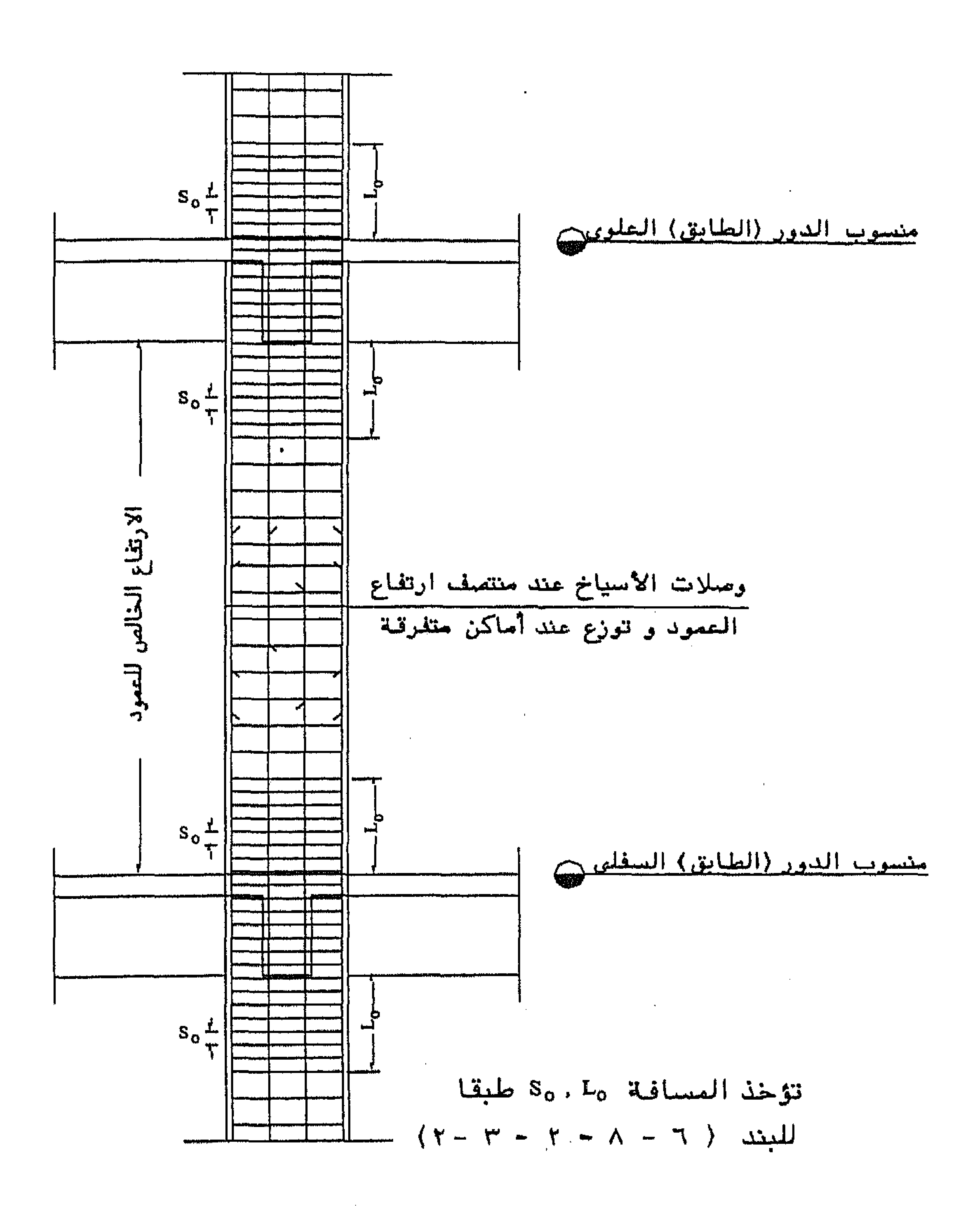
هـ- فى حالة عمل وصلات التراكب تكون فى النصف الأوسط من ارتفاع العمود (شكل ٧-٦-ب).

و - يجب أن تصمم وصلات التراكب على أساس وصلات تراكب شد.

ز - يُسمح بعمل وصلات لحام أو وصلات ميكانيكية عند أى قطاع خارج المناطق الحرجة بشرط استيفاء البند (٤-٢-٥-٤-٣)، كما يجب استيفاء وصلات اللحام لمتطلبات المواصفات القياسية.

ح - يجب أن تستمر كانات العمود داخل منطقة اتصال العمود بالكمرة ويتم تحديد مساحة مقطع الكانة طبقاً لما هو وارد بالمعادلتين (6-57-a) ، (6-57-b)

ط - تحسب قوى القص التصميمية القصوى بالأعمدة بفرض تولد عزوم انحناء فى اتجاهين متضادين عند نهايتى العمود (شكل ٦-٤٠).



شكل (٧-٧-ب) تسليح الأعمدة للمنشآت ذات الممطولية الكافية المعرضة لقوى أفقية كبيرة

٦-٨-٢-٣-٣ وصلات الكمرات والأعمدة للإطارات

تحدد القوى فى التسليح الطولى للكمرات عند وجه العمود على أساس أن إجهاد الشد فى صلب التسليح يساوى مرة وربع إجهاد الخضوع مع استيفاء المتطلبات الواردة بالبند (٦-٦-٢).

٦-٨-٣ اشتراطات حوائط القص

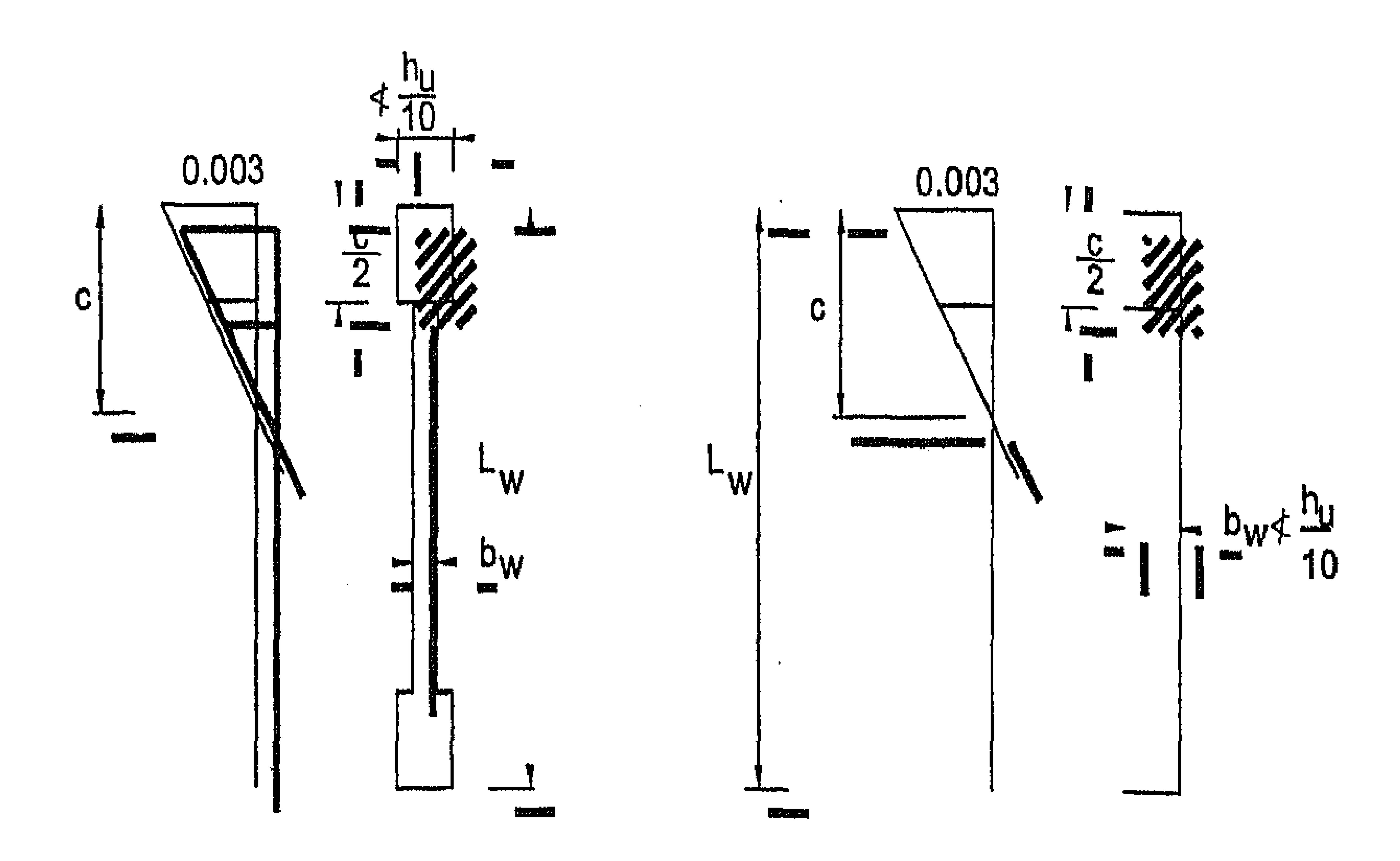
٦-٨-٣-١ المجال

أ - تختص المتطلبات الواردة فى البند (٦-٨-٣) بتصميم الحوائط الإنشائية ذات الممطولية (حوائط القص ذات الممطولية) والتى تستخدم كجزء من النظام الإنشائى المقاوم للأحمال الجانبية الناتجة من الزلازل.

ب - لا يسمح باستخدام التوصيات الواردة فى البند (٦-٥) إلا فى الحدود المذكورة فى هذا البند.

٦-٨-٣-٢ الأبعاد الخرسانية

تحدد الأبعاد الخرسانية لحوائط القص بحيث تستوفى متطلبات البند (٦-٥-٢-١-١)، على ألا يقل سمك الحائط عن $\frac{1}{10}$ من الارتفاع الصافى للدور فى المنطقة الحرجة، كما هو موضح فى شكل (٦-٤١).



ب–حائط مدعم بعنصر طرفي أ–حائط منتظم السمك

شكل (٦ – ٤١) أقل سمك لقطاعات الحوائط فى المنطقة الحرجة (مسقط أفقى)

٦–٨–٣–٣ تسليح حوائط القص

يجب وضع صلب التسليح فى الحائط على هيئة شبكتين على وجهى الحائط وتحدد نسب التسليح الرأسى والأفقى الموزع طبقاً للبندين (٦–٨–٣–٣–١) ، (٦–٨–٣–٣–٢) ويتم تركيز صلب تسليح رأسى طبقاً للبند (٦–٨–٣–٣–٣).

٦–٨–٣–٣–١ التسليح الرأسى الموزع

أ – أدنى نسبة للتسليح الرأسى الكلى الموزع بالوجهين تساوى ٠.٢٥%.

ب - لا يقل قطر أسياخ التسليح المستخدمة عن ١٠ مم ولا تزيد المسافة بين الأسياخ الرأسية على ٢٠٠ مم.

٦-٨-٣-٣-٢ التسليح الأفقى الموزع

أ - أدنى نسبة للتسليح الأفقى الكلى الموزع تساوى ٠.٢٥%.

ب - لا يقل قطر أسياخ التسليح المستخدمة عن ١٠ مم ولا تزيد المسافة بين الأسياخ الأفقية على ٢٠٠ مم.

جـ- إذا كانت مساحة صلب التسليح الرأسى الموزع أكبر من ١% من مساحة القطاع، يضاف للتسليح الأفقى كانات حباية مغلقة لا يقل قطرها عن ٨ مم أو ٠.٢٥ من قطر أسياخ التسليح الرأسى أيهما أكبر لربط التسليح الرأسى والأفقى معاً على جانبى الحائط مخترقاً سمك الحائط بواقع أربع نقاط على الأقل فى المتر المسطح.

٦-٨-٣-٣-٣ التسليح الرأسى المركز

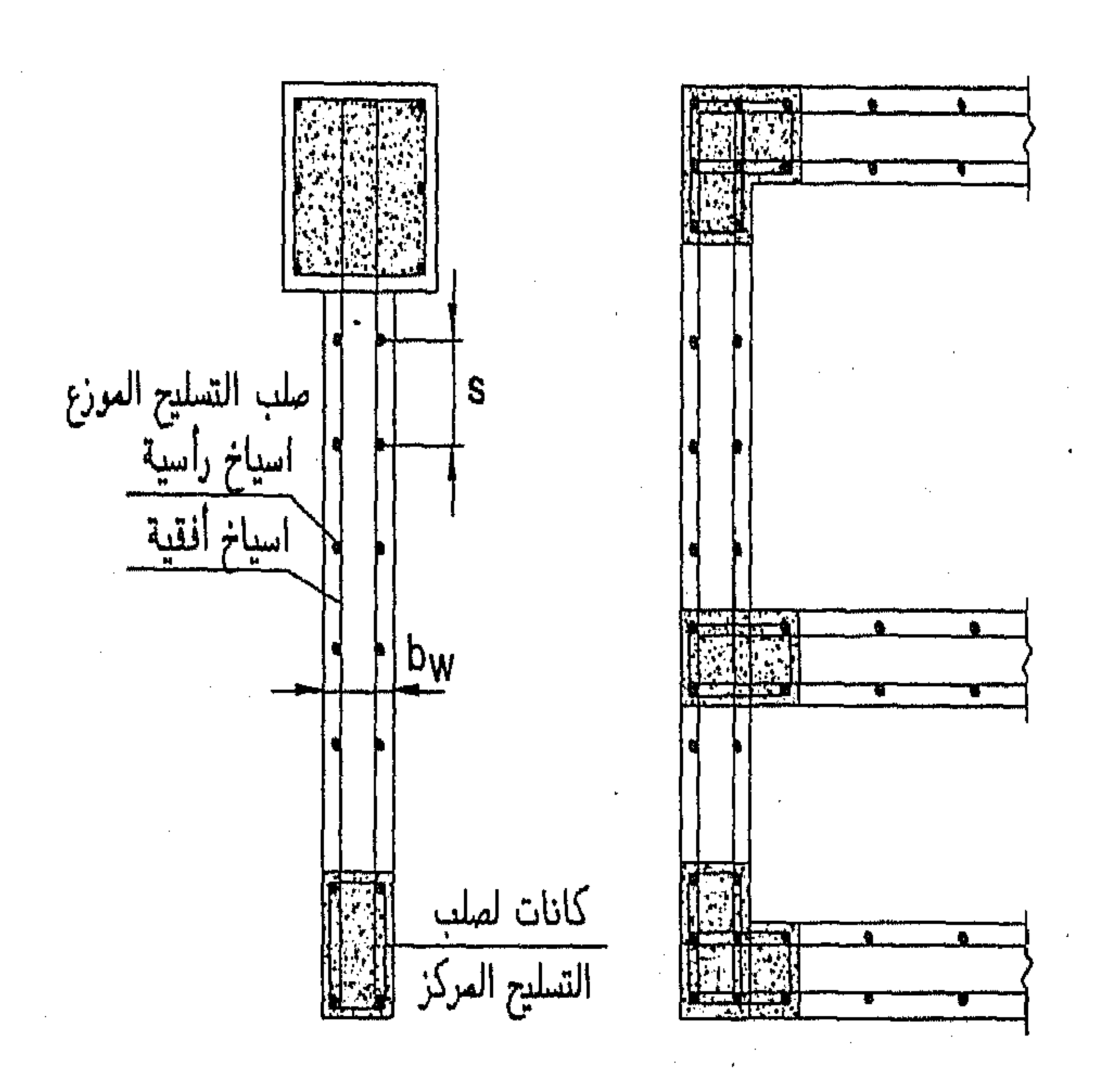
أ - يتم تركيز صلب تسليح رأسى فى كل نهاية من نهايات الحائط وكذلك فى الأركان وأماكن تقاطعات الحوائط مع بعضها البعض كما هو موضح بشكل (٦-٤٢).

ب - لا يقل قطر أسياخ التسليح الرأسى المستخدمة عن ١٢ مم.

جـ- لا تقل نسبة صلب التسليح الرأسي المركز خارج حدود المنطقة الحرجة عن ٠.١ % من مساحة القطاع الخرسانى الكلى كما لا تقل نسبة صلب التسليح الرأسى المركز فى المنطقة الحرجة عن ٠.٢ % من مساحة القطاع الخرسانى الكلى للحائط.

د - يتم ربط أسياخ التسليح الرأسى المركز بكانات تفى بالاشتراطات الواردة فى البند (٦-٨-٢-٣-٢).

وفى جميع الحالات يفضل تركيز أسياخ التسليح الرأسى فى الأماكن التى يزيد فيها الانفعال فى الخرسانة على ٠٠٠١٥.



شكل (٦ - ٤٢) : التسليح الرأسى الموزع والمركز فى حوائط القص (مسقط أفقى)

٦-٨-٣-٤ مقاومة الانحناء لحوائط القص

أ - يتم تحديد مقاومة الانحناء لحوائط القص باستخدام طريقة الحد الأقصى للمقاومة طبقاً للبند (٤-٢-١).

ب - يتم تحديد مقاومة الانحناء لحوائط القص بالأخذ فى الاعتبار كل من صلب التسليح الرأسى الموزع وصلب التسليح الرأسى المركز.

جـ- يجب التأكد من أن المقاومة القصوى للانحناء لقطاع حائط القص لا تقل عن القيمة الأكبر من مقاومة التشرخ للقطاع أو العزوم القصوى المعرض لها القطاع.

٦-٨-٣-٥ مقاومة القص لحوائط القص

أ - يتم تحديد الحد الأقصى لإجهادات القص القصوى للحائط باستخدام المعادلة الآتية:

$$q_{umax} = \left(0.9\alpha_c\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} + \mu_{st}\frac{f_y}{\gamma_s}\right) = \frac{Q_u}{b_w \times L_w}$$

(6 – 62)

حيث:

μ_{st} = نسبة التسليح الجذعى ويحسب من المعادلة (٤-٢٢).

α_c = ٠.٢٥ فى حالة $\frac{h_w}{L_w} \leq 1.5$

= ٠.١٧ فى حالة $\frac{h_w}{L_w} \geq 2$

وتتغير خطياً بين ٠.٢٥ ، ٠.١٧ فى حالة $1.5 \leq \frac{h_w}{L_w} \leq 2$

ب - فى حوائط القص ذات الممطولية تحدد قوى القص التصميمية لحوائط القص على أساس أن إجهاد الشد فى صلب التسليح يساوى مرة وربع إجهاد الخضوع وبالتالى تكون قوى القص التصميمية تساوى مرة وربع قوى القص المحسوبة من أحمال الزلازل.

جـ- تهمل مقاومة الخرسانة فى القص عند حساب المقاومة القصوى للحوائط فى المناطق الحرجة ويتم الاعتماد كليا على أسياخ التسليح فى مقاومة قوى القص التصميمية.

٦-٨-٣-٦ العناصر الإنشائية التى لا تعتبر جزءاً من النظام المقاوم للزلازل

أ - يجب أن يتوفر حد أدنى من الممطولية فى العناصر الإنشائية التى لم يتم اعتبارها كجزء من النظام المقاوم للزلازل ولكنها فى نفس الوقت معرضة لنفس تشكلات هذا النظام.

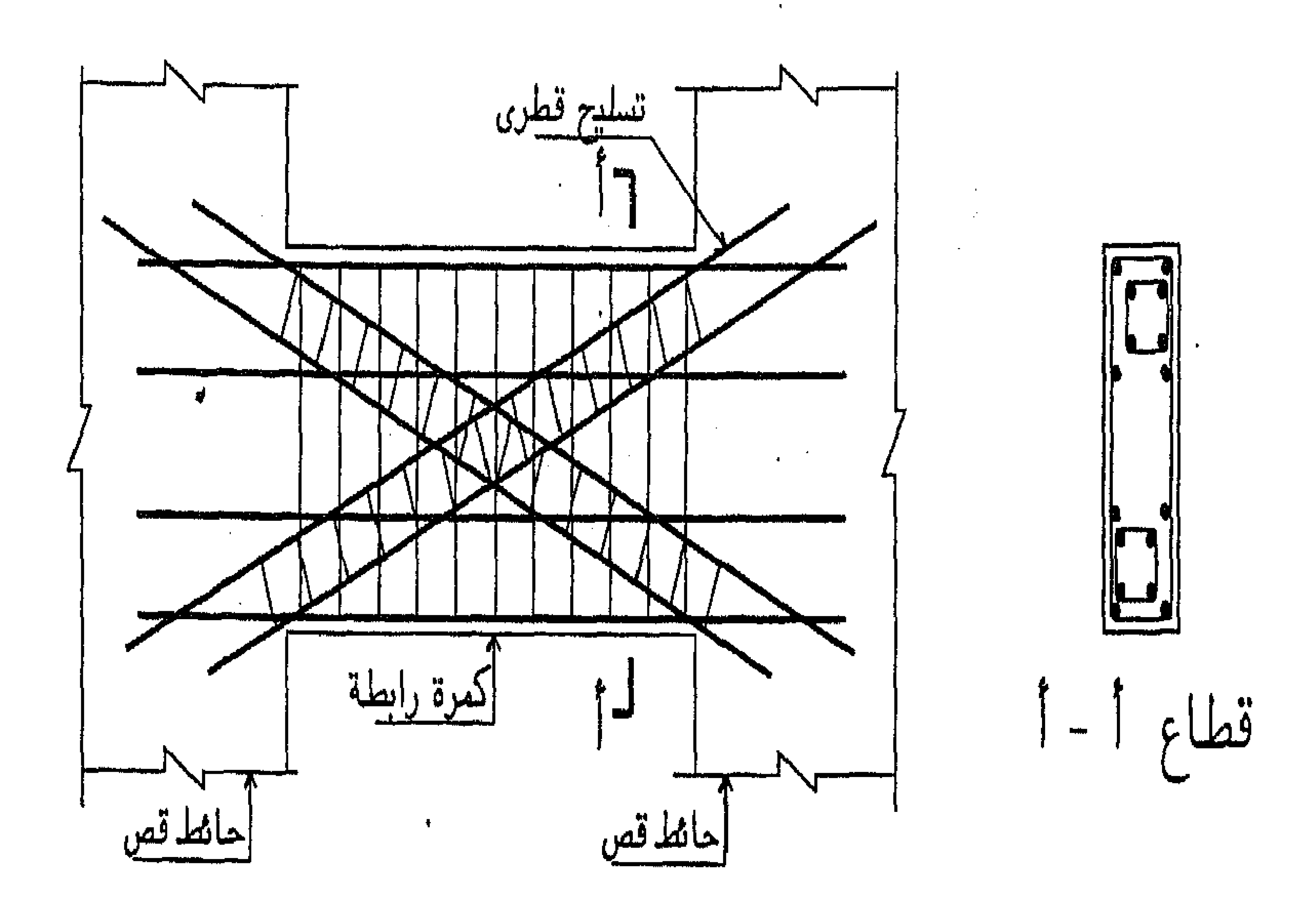
ب - تُصمم العناصر الإنشائية التى لا تعتبر جزءاً من النظام المقاوم للزلازل لمقاومة العزوم والقوى القصوى الناتجة من تأثير الإزاحة الجانبية نتيجة للزلازل، أو عمل التصميم والتفاصيل التى تسمح بتكون مفصلات لدنة فى هذه العناصر.

جـ- يجب أن تتوفر كانات عرضية طبقاً للبند (٦-٨-٢-ب-٢-٢) أو البند (٦-٨-٢-٢-٣) حتى يمكن تكون مفصلة لدنة فى العناصر الإنشائية التى لا تعتبر جزءاً من النظام المقاوم للزلازل.

٦-٨-٣-٧ الكمرات الرابطة بين حوائط القص المترابطة

أ - الكمرات الرابطة التى تكون فيها نسبة البحر الخالص إلى السمك الكلى تساوى أو تزيد على ٤ يجب أن تفى بالاشتراطات الواردة بالبند (٦-٨-٢-٣-١).

ب - الكمرات الرابطة التى تكون فيها نسبة البحر الخالص إلى السمك الكلى تساوى أو تقل عن ٢ يتم تسليحها باستخدام مجموعتين متقاطعتين من التسليح القطرى المتماثل حول منتصف البحر كما هو موضح بالشكل (٦-٤٣).



شكل (٦-٤٣) تفاصيل تسليح الكمرة الرابطة بين حائطى قص مترابطين

جـ- الكمرات الرابطة التى تكون فيها نسبة البحر الخالص إلى السمك الكلى تقل عن ٤ و وتزيد على ٢ يمكن تصميمها بحيث تفى بالاشتراطات الواردة بالبند (٦-٨-٢-٣-١) أو تسليحها باستخدام مجموعتين متقاطعتين من التسليح القطرى المتماثل حول منتصف البحر كما هو موضح بالشكل (٦-٤٣).

د - الكمرات الرابطة التى يتم تسليحها باستخدام التسليح القطرى المتماثل حول منتصف البحر يجب أن تفى بالمتطلبات الآتية:

- يجب ألا تقل كل مجموعة من الأسياخ القطرية عن ٤ أسياخ.
- يجب أن ترتبط كل مجموعة من الأسياخ القطرية بكانات تفى بما جاء بالبند (٦-٨-٢-٢-٣).

- يجب أن تمتد الأسياخ القطرية داخل الحائط بمقدار يساوى طول التماسك فى الشد.
- يحسب الحد الأقصى لإجهادات القص القصوى للكمرات الرابطة من المعادلة التالية:

$$q_u = \frac{2A_{sd}}{bd}\frac{f_y}{\gamma_s}\sin\alpha \quad \le 0.7\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \qquad (6\text{-}63)$$

حيث :

A_{sd} = مساحة مجموعة واحدة من الأسياخ القطرية.

α = زاوية ميل الأسياخ القطرية على محور الكمرة الرابطة.

هـ ــ يتم حساب المقاومة القصوى للانحناء للكمرات الرابطة باعتبار مشاركة الأسياخ القطرية.

و ــ يجب استخدام صلب تسليح طولى وعرضى بالكمرات الرابطة بحيث تفى بالمتطلبات الدنيا الواردة بالبندين (٤-٢-١-٢-ح) ، (٤-٢-٢-١-٦) على التوالى.

APPENDIX (3)

REVIEWED SEISMIC EVALUATION DOCUMENTS

REVIEWED SEISMIC EVALUATION DOCUMENTS

The objective of this part is to review various documents on seismic evaluation of existing buildings from different countries.

1- Adrian S. Scarlat Approach

Adrian S. Scarlat illustrates a approach to evaluate the existing buildings based on the main provisions given in FEMA 154. The seismic resistance of existing buildings may be evaluated at three levels, according to the required accuracy.

level I outside inspection

This is designed to be performed from the street, without entry to the building. This inspection is aimed at providing only statistical information regarding the seismic vulnerability of a large group of buildings.

level II First screening

This is based on visual inspection of the building. Accompanied by measurements of certain essential structural members at ground floor level only. The first screening yields a seismic index, which quantifies the approximate seismic resistance of the building and enables a decision to be taken as the need for further, more accurate investigation.

Level III Accurate analysis

This required when :

- the building is special importance.
- The first screening signals that the structure is probably unsafe for potential seismic hazard.

Level I outside inspection of existing buildings

Outside inspection can provide only statistical information. It makes possible a very quick and low cost but very approximate evaluation of buildings. The classification of the buildings is based on a structural score S

$S = S_0 + \Delta S$

Where S_0 is the basic score and ΔS are modifiers. The basic score S_0 depends on the type of the type of structure and the seismic zone factor Z

L, low risk , $Z < 0.1$

M, moderate risk $Z = 0.1\text{-}0.23$

Z = peak ground acc / gravity acceleration

The proposed values of the basic score S_0 are given in the table.

The modifiers depend on the parameters effect on the behavior of buildings under earthquakes. Table 2 illustrates the values of ΔS where give negative and positive values to the basic score and are identical for all types of structures and all seismical zones.

Finally structural score $S< 1$ denotes insufficient seismic resistance
$S >1$ denote satisfactory.

Level II first screening of existing buildings

This technique is based on statistical processing of data dealing with the behavior of RC structures during strong earthquakes. It was adopted in USA, China and New Zealand and Israel.

The basic assumptions are the following: no technical documentation is available, the structure is checked at ground floor only. The seismic resistance of a building is quantified by determining a seismic index (I) which has a safety factor

$$I_s = V_a / V$$

Where V is the probable seismic force and V_a is the resisting (allowable) force of the structure.

a) the seismic force V is determined as

$$V = CW$$

Where W is the total weight of the building above the ground floor and C is the seismic coefficient, given by

$C = c'(1+ \Sigma f)$

Where c′ is the basic seismic coefficient and f are modifiers

For RC moment resisting frame

$$C' = \frac{1.5Z}{\sqrt{H}}$$

For other structures

$$C' = \frac{2.5Z}{\sqrt{H}}$$

Table 1 Basic Score S_o

Type of structure	*Risk category*		
	H	*M*	*L*
Wood frames	2·2	3	4·2
Steel moment-resisting frames	2	2·5	4·2
Braced steel frames	1·5	2	2·5
Concrete shear walls	2	2·5	3
Precast concrete large panels	1·5	2	2·5
Concrete frames	1	1·5	2
Precast concrete frames	0·5	1	1·5
Reinforced masonry	1·5	1·7	2
Infilled frames	0·7	1	1·5
Plain brick/stone masonry	0·3	0·5	0·7

Table (2) Modifiers ΔS

Types of structure	*Modifiers* ΔS
High-rise buildings (8 storeys or more)	−0·5
Medium-rise buildings (4-7 storeys)	0
Low-rise buildings (3 storeys or less)	+0·3
Poor condition	−0·3
Poor condition of precast concrete structures	−0·5
Soft storey	−1
Significant eccentricity	−0·5
Pounding possible (for medium and high rise buildings only)	
Adjacent slabs at same level	−0·2
Adjacent slabs at different levels	−0·5
Heavy cladding (precast concrete or cut stone)	−0·5
Short concrete columns	−0·5
Year of contruction	
Before 1960	−0·5
1960- 1975	0
After 1975	+0·5
Type of soil	
S1 (Rock and stiff clay)	0
S2 (Sand, gravel)	−0·2
S3 (Soft and medium soil or unknown)	−0·3
S3 + high-rise building	−0·4

H is the height of the building (m)

The modifiers f depend on the importance of the building, the type of foundation soil and on the degree of horizontal and vertical irregularities. Vary between −0.2 and +0.3

In seismic areas where Z = 0.05 c = 2-10%

In seismic areas where Z = 0.3 c = 5-20%

b) Resisting seismic force

The resisting seismic force Va = Va (1+ Σa)

The basic allowable force Va is determined as follows

- RC frames

$$Va,c = 0.1\frac{\sum(b_c h_c^2) f_{ck}}{\varepsilon h}$$

Where f_{ck} is the characteristic (cube) strength of the concrete, b_c, h_c are the dimensions of the columns at ground floor level; $\varepsilon = 0.7$ for regular beams and $\varepsilon = 1$ for slab beams; and h is the story height.

- Masonry

  $Va,m = Am\ \tau a$

  Where Am is the total horizontal area of the masonry at ground floor level in the given direction.

Classification of buildings

A building can be classified based on its seismic index Ix, into one of the following categories

1. $I > 1.3$ the building is safe and
2. $1.1 < I < 1.3$ a more accurate check is not urgently required
3. $0.9 < I < 1.1$ a more accurate check (according to the seismic code) is required
4. $I < 0.9$ a more accurate check is urgently required; strengthening of the building is probably needed.

Level III Accurate analysis of existing buildings

It is required either when the building is of special importance, or when the result of the first screening is unsatisfactory.

The structural analysis will be performed according to the methods and specifications included in the existing seismic codes for earthquake design including the present contion of the building.

A lower safety factor is usually allowed when checking existing structures, because the cost of strengthening an existing building is relatively high. FEMA (1988) recommends values of 0.67 for

structures with long periods and 0.85 for structures with short periods; in Romania values of 0.5-0.7 are recommended. We taken a value of 0.67

The forces F acting upon the structure are

$$F = 0.7\, F^{o}\, (1 + m_d + m_c + m_h)$$

Where F^{o} represents the forces given by the code for the design of new structures, and m are modifiers as follows:

- m_d modifier to include the effect of the type of documentation.
- m_c, modifier to include the effect of the present condition of the structural elements.
- m_h, modifier to include the effect of pounding.

2 FEMA 310 - Handbook for the Seismic Evaluation of Buildings: A Pre-Standard

FEMA 310 (1998) is probably the most advanced seismic evaluation procedure for buildings developed in USA in the recent years which grew out of earlier document NEHRP Handbook for Seismic Evaluation of Existing Buildings (FEMA 178). The evaluation procedure is based on rigorous approach to determine existing structural conditions. Buildings are evaluated for certain extent of structural damage that is expected in the building when subjected to earthquake. This level of damage (or Performance Level) is determined a priori by the design professional considering the importance of building and consequences of damage.
FEMA 310 considers two levels of performance defined as Life Safety and Immediate Occupancy during design earthquake.

Tier 1: Screening Phase

During the screening phase the design professional gets familiarized with the building, its potential deficiencies and its expected behavior, so that one can quickly decide whether the building complies with the provisions of the FEMA 310. This Tier 1 screening helps provides evaluation statements for structural, non-structural and foundation aspects in the form of checklists for the chosen level of performance and given region of seismicity. Initially based on the building data collected, one has to determine whether the building meets the requirements of concerned buildings codes (i.e., Benchmark Building Criteria). Non-benchmark buildings, which do not comply with respective building codes, the design professional has to follow and complete all checklists, whereas in case of benchmark buildings, evaluation steps concerning structural aspects can be ignored. After the completion of checklists, lists of deficiencies that are found to be non-compliant are compiled and further evaluation requirements are determined.

Tier 2: Evaluation Phase

For Tier 2, the design professional has two options: (a) a complete analysis of the building that addresses all of the deficiencies identified in Tier 1 or (b) a deficiency only analysis. This selection is based on the requirements of evaluation identified in Tier 1. In Tier 2 analysis and evaluation for the adequacy of the lateral-force-resisting system is performed. This analysis is limited to simplified linear analysis methods and it could be done using one of the common linear static or dynamic analysis methods.

Tier 3: Detailed Evaluation Phase

If deficiencies are identified in a Tier 2 evaluation, a Tier 3 evaluation is performed only if one finds that Tier 1 and/or Tier 2 evaluations are too conservative and there would be a significant economic or other advantage to a more detailed evaluation. Acceptable analysis procedures for such a detailed evaluation include linear and nonlinear methods for static or dynamic analysis of buildings. Expected performance of existing components can be evaluated by

comparing calculated demands on the components with their capacities.
Force levels used for above-mentioned Tier 2 and 3 analyses for evaluation of existing buildings are reduced from the conservative level used in design for new buildings by multiplying a factor of 0.75. This reduced force level is justified because (a) the actual strength of the components will be greater than that used in the evaluation and (b) an existing building does not need to have the same level of factor of safety as a new building since the remaining useful life of an existing building may be less than that of a new building.

3 New Zealand Draft Code – The Assessment and Improvement of the Structural Performance of Earthquake Risk Buildings

The document by New Zealand Society for Earthquake Engineering (NZSEE) is a draft code, which will be nominated in the New Zealand Building Code book (BIA 1996). NZDC begins with rapid evaluation procedure, which is based on a visual screening procedure of ATC 21 (1988) and can be carried out from external viewing of the building. The result of the rapid evaluation based on approximately fourteen structural criteria is presented in terms of a "structural score" which is an indicator of potential building damage. The total structural score has two components: (a) a basic structural score which reflects the standard used for original design and earthquake damage potential of the respective building types in their location of high, moderate or low seismicity zones and (b) a modification to the basic score on account of unfavorable characteristics present in the building. The intent of these vulnerability modifiers is to ensure that buildings with significant vulnerabilities are subjected to more detailed evaluation.

Further, the structural score is combined with the building area to decide whether a detailed assessment is required. The building area parameter reflects the occupant population and potential causalities

in the event of structural damage. This relationship is presented in a graph as shown in the Figure. The detailed structural assessment is performed at the component level.

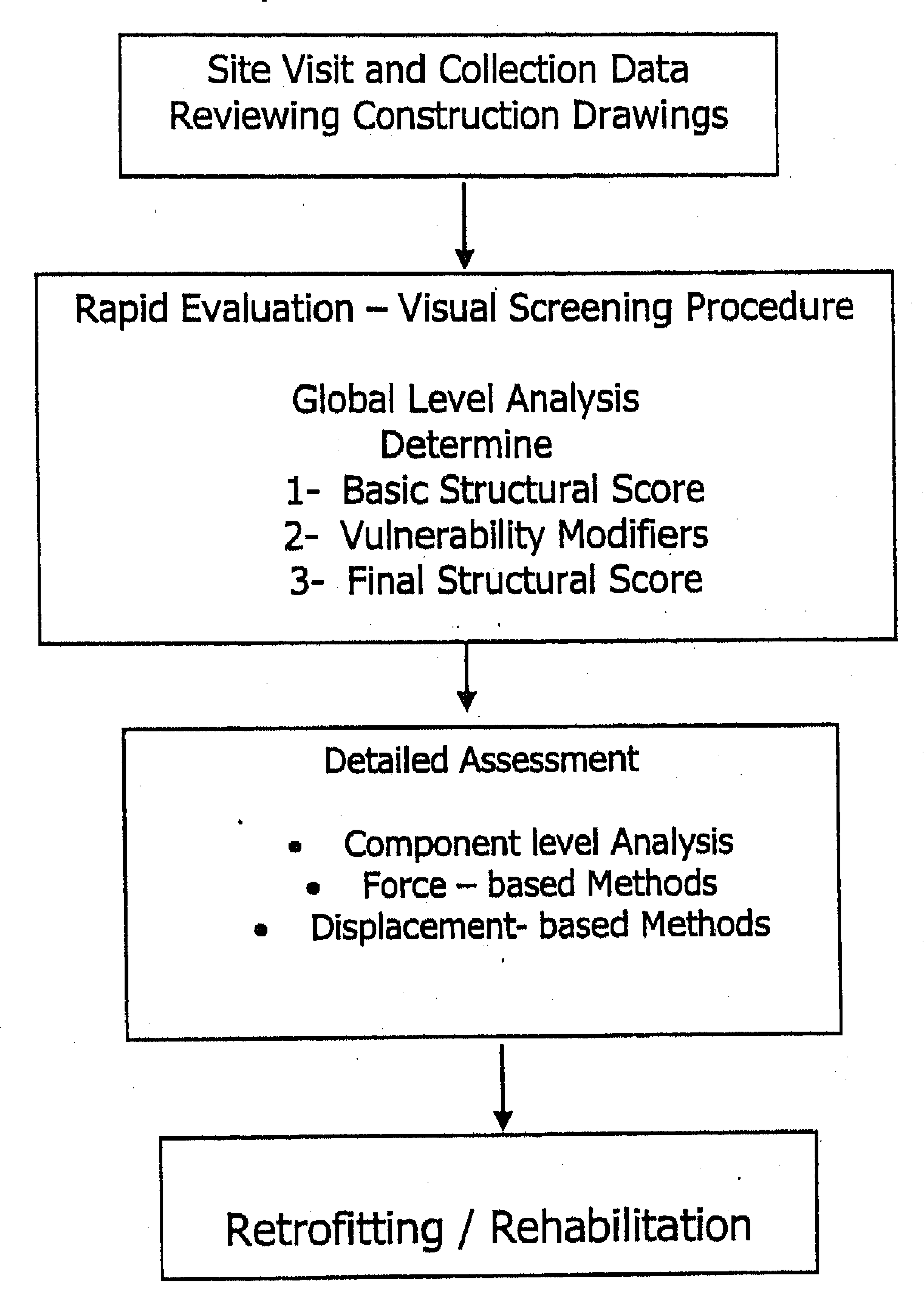


Fig. (1) New Zealand Draft Code – Evaluation (NZDC, 1996)

4 SERC Report – Formulation of Guidelines for Assessment of Strength and Performance of Existing Buildings & Recommendations on Retrofitting

This report is prepared by Structural Engineering Research Center (SERC), Chennai, on a sponsorship from the Building Materials and Technology Promotion Council (BMTPC), New Delhi. It presents guidelines for the assessment of strength and performance/safety of existing buildings for both masonry and multi-storied reinforced concrete structures. It also gives recommendations on retrofitting schemes for buildings to ensure resistance to earthquake forces.
The buildings are classified into five types as given below and an n-factor is assigned which accounts for the ductility and energy dissipation capacity of the building (i.e., a response reduction factor).

The assessment begins with a rapid evaluation procedure (Level 1), which is a modified FEMA 154 (1988) procedure to suit the Indian conditions. As per information gathered about the building, a Structural Score (S) is calculated, which is dependent on seismic zone, age of the building, number of stories, eccentricity, soil type and foundation types. This score essentially consists of two parts, namely, the basic structural score (SB) and the structural score modifier (SM). If the calculated structural score is greater than 1, then the specified Level 2 Structural Analysis is carried out. For the second level analysis a safety assessment procedure is given for each of the five defined building types. The procedure is very similar to FEMA 310–Tier 1 method of evaluation for finding structural deficiencies

5 - Euro Code 8: Design Provisions For Earthquake Resistance of Structures –Parts 1-4 General Rules for Strengthening and Repair of Buildings

This document is a European Prestandard, which was approved by CEN in 1995 as a prospective standard for provisional application (CEN 1995). The scope of this document is to provide criteria for the evaluation of the seismic performance of existing individual structures, to describe the approach in selecting necessary corrective measures and to set forth criteria for the design of the repair/strengthening measures.

The evaluation process consists of the verification of the seismic resistance of an existing damaged or undamaged building, taking into account both non-seismic and seismic actions, for the period of its intended lifetime. As per Eurocode, analysis and redesign of existing structures may be based on appropriately modified actions and possibly modified safety-factors (in comparison with the design of new structures) in order to account for smaller remaining life times, smaller uncertainty with respect to dead loads, and for properties of existing materials. In the analyses, a model uncertainty factor may be introduced covering the additional uncertainties related to the analysis of the pertinent structure; higher values should be used for higher damage levels. In order to calculate the design action-effects under the actual conditions of the structure, the standard method or the time-domain dynamic non-linear analysis is carried out. Static non-linear methods are adopted for plain masonry buildings.
After the analysis, a computational verification is made at the component level, which is based on the verification of all cross-sections. In case of time domain method, the post yield deformations should be higher than the corresponding demand values and the level of damage predicted for both structural and non-structural elements is also kept within acceptable limits. The document also gives details for structural interventions and decision-making. At the end it gives procedure for repair/strengthening of buildings.

6 - ASCE/SEI 31-03 – Seismic Evaluation of Existing Buildings

This standard is a publication of the American Society of Civil Engineers, which provides a process for seismic evaluation of existing buildings (ASCE 2003). This standard has evolved from and is intended to replace FEMA 310. It prescribes the three-tiered process for evaluating buildings as explained in FEMA 310. The checklists and acceptance criteria are same as in FEMA 310 and therefore, this document is not discussed further in this article

Finally, Durgesh C Rai concluded that, the review of various evaluation procedures indicates clearly that FEMA 310 and New Zealand Draft Code are more suitable for use in buildings of developing countries, which are not only difficult to classify in certain 'type buildings' but also their capacities can not be estimated with significant confidence. FEMA 310 provides a more generalized approach to seismic evaluation, which is thorough and provides several levels of assessment with varying degree of complexity suitable for a large class of structures. However, it requires a higher degree of understanding on the part of design professionals and at times can be confusing for the lack of specifics. On the other hand, NZDC is transparent and uses familiar basic principles as applicable to design of new buildings, though its approach is considerably non-generalized.
Eurocode 8 and UNIDO manual lack specific steps of assessment and leave a lot to the judgment of the design professional. It appears that FEMA 310 and NZDC approaches can be suitably combined to develop a transparent, reasonably rigorous and generalized procedure for seismic evaluation of buildings in developing countries such as India.

المراجع

1- "Lexicon Universal Encyclopedia", 7/E, New York, 1986.

2- El-betar, S. A., "Seismic Behavior of Low-to-Moderate Rise Reinforced Concrete buildings", Ph.D. Thesis, Cairo Univ., 2002.

3- Lew, H. S., " Handbook for Seismic Rehabilitation of Existing Buildings", National Institute of Standards and Technology, USA, 2006.

4-FEMA 154, " Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic hazards: A Handbook ", Fedral Emergency Management Agency, Washington DC, USA, 2002.

5- Scarlat, A. S., "Approximate Methods in Structural Seismic Design". E & FN SPON, London, 1996.

6- C Rai, C. D., " Review of Documents on Seismic Evaluation of Existing Buildings", IITK-GSDMA-EQ03-V1.0, Kanpur, India, 2005.

7- FEMA 310" Handbook for the Seismic Evaluation of Buildings – A Prestandard", Fedral Emergency Management Agency, Washington DC, USA, 1998.

8- ASCE 31 03 "Seismic Evaluation of Existing Buildings", American Society of Civil Engineers, USA, 2003.

9- Bungale S. Taranath, " Reinforced Concrete Design of Tall Buildings" ASCE/SEI 41-06 ACI 318 – 05/08 , CRC Press.

10 – H.Sezen et al. "Structural Engineering Reconnaissance of the Kocaeli (Izmit) Turkey Earthquake of August 17-1999" Berkely : Pacific Earthquake Engineering Research Center: (Peer Report 2000 – 09) December 2000. 12-

11- Soliman, M. M., "Seismic Vulnerability Evaluation of Existing Reinforced Concrete Buildings." Ph.D., Cairo Univ., Egypt, 1992.

12- ATC (1988), "Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards," Applied Technology Council, California

13- BIS (2002), "IS 1893 (Part I)- Indian Standard Criteria for Earthquake Resistant Design of Structures – Part I General Provisions and Buildings", Bureau of Indian Standards, New Delhi.

14- BSSC (1992), "FEMA 178 –NEHRP Handbook for the seismic evaluation of existing buildings," Building Seismic Safety Council, Washington, DC

15 –D'Ayla,D. and Charleson,A.W., (2002), "Review of seismic strengthening guidelines for R.C. buildings in developing countries," 12th European Conference on Earthquake Engineering, London, UK

16 –CEN (2001), "Eurocode 8 – Design Provisions for earthquake Resistance of Structures-Part 3", Brussels

17- SERC (2002), "Formulation of Guidelines for Assessment of Strength and Performance of Existing Buildings and Recommendations on Retrofitting Schemes to Ensure Resistance to Earthquakes", Structural Engineering Research Centre, September 2002, Chennai

18 –BIA (1996), "The Assessment and Improvement of the Structural Performance of Earthquake Risk Buildings – Draft for General Release", New Zealand National Society for Earthquake Engineering

19 –UNDP/UNIDO (1985), "Post-Earthquake Damage Evaluation and Strength Assessment of Buildings under Seismic Conditions", Volume 4, Vienna

المراجع باللغة العربية

٢٠- الكود المصرى لتصميم و تنفيذ المنشات الخرسانية كود رقم ٢٠٣ – ٢٠٠٧ اصدار .٢٠٠٧.

٢١- الكود المصرى لحساب الأحمال و القوى فى الأعمال الإنشائية و أعمال المبانى كود رقم ٢٠١ طبعة .٢٠١٢.

٢٢- الكود المصرى لتصميم و تنفيذ اعمال المبانى كود رقم ٢٠٤ – .٢٠٠٥

٢٣- "استراتيجية الصيانة و أساليب التطبيق" ،الهيئة العامة للأبنية التعليمية، مصر، ١٩٩٥.

٢٤- ستيفن ل. كريمر ترجمة د. عوض بن على سلطان القرنى " هندسة الزلازل الجيوتقنية" جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية ، ٢٠٠٤.

٢٥- د. فريال بو ربيع & الشيخة أمثال الأحمد الجابر الصباح، " الزلازل و تقليل مخاطرها في دولة الكويت" مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، ٢٠٠٢.


٢٦- د. شاهر جمال آغا، "الزلازل حقيقتها و آثارها" عالم المعرفة، العدد ٢٠٠ ،الكويت، ١٩٩٥.

٢٧- د. مصطفى محمود سليمان " الزلازل " الهيئة المصرية العامة للكتاب ، ١٩٩٦.

٢٨- د. عبد الله محمد العمرى "الزلازل "مجلة العلوم و التنمية، السعودية، .١٩٩٥

٢٩- د. محمد شاذلى حداد "الخطر الزلزالى و وسائل تخفيفه" مجلة العلوم و التنمية، السعودية، ١٩٩٥.

الفهرس


Bibliotheca Alexandrina
1194136